# Die Bedeutung der Zellgröße für die Pflanzenzüchtung.

Anatomische Untersuchungen am Weizenblatt.

---

**Inaugural-Dissertation**

zur

**Erlangung der Doktorwürde**

einer Hohen Philosophischen Fakultät

der

**Vereinigten Friedrichs-Universität Halle-Wittenberg**

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

vorgelegt von

**W. Heuser**

aus **Radewege** (Prov. Brandenburg).

**Halle (Saale)**
Buchdruckerei Hohmann
1915.

Referent: Kaiserl. Geh.-Reg.-Rat Prof. Dr. Wohltmann.

Meinen Eltern!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546024_0103

# Inhalt.

Seite

Vorwort: . . . . . 7

Einleitung:

1. Der anatomische Bau des Weizenblattes . . . . 9
   a) Die Gefäßbündel . . . . . 9
   b) Die Epidermiszellen . . . . . 10
   c) Die Spaltöffnungen . . . . . 16
2. Die Untersuchungsmethode . . . . . 21

Hauptteil:

A. Der anatomische Bau der Blätter in verschiedener Höhe am Halme . . . . . 25

B. Die Gefäßversuche, ihr Zweck und die Art ihrer Ausführung . . . . . 34
   1. Der Entwicklungsverlauf . . . . . 34
   2. Der absolute Wasserverbrauch . . . . . 43
   3. Der relative Wasserverbrauch . . . . . 43
   4. Die zeitliche Verteilung des Wasserverbrauches und die Zeit des Hauptbedarfes . . . . . 48
   5. Der anatomische Bau der Blätter der Versuchspflanzen . . . . . 52
   6. Die Beziehung derselben zum Wasserverbrauch . 55
   7. Die morphologischen Eigenschaften der Versuchspflanzen . . . . . 62

C. Der anatomische Bau der Blätter verschiedener Sorten . . . . . 65

Schluß:

Die Bedeutung der Zellgröße für die Pflanzenzüchtung . . . . . 73

Ergebnisse: . . . . . 87

Litteraturverzeichnis: . . . . . 90

# Vorwort.

Die Anregung zu dieser Arbeit erhielt ich zum Teil aus den Vorlesungen des Herrn Geheimrat Prof. Dr. Wohltmann, zum Teil aus den Beobachtungen des Pflanzenzüchters Herrn Schliephacke[31] auf Panten bei Liegnitz. Letzterer hatte die Beobachtung gemacht, daß die Wohltmann-Kartoffel an den Blättern und Stengelteilen relativ wenig Spaltöffnungen pro qmm (ca. 280) besitzt im Verhältnis zu anderen Kartoffelsorten (über 400). Außerdem fand er, daß diese Sorte reicher an Chlorophyll war und auch in den Stengeln sowohl als in den Knollen ein festeres Gewebe bildete. Die Knollen sollen nach ihm daher haltbarer und widerstandsfähiger sein. Diese gelegentlichen Beobachtungen zeigten, daß Beziehungen zwischen dem anatomischen Bau der Pflanzen und ihren physiologischen Eigenschaften bestehen; zugleich legten sie den Wunsch nahe, diese Beziehungen in systematischer Weise zu untersuchen. Herr Geheimrat Wohltmann gab mir den Rat, meine Untersuchungen auf den Sommerweizen zu beschränken.

Während der Ausführung der Arbeit lernte ich dann einige russische Arbeiten kennen, die sich schon vor längerer Zeit mit dieser Frage befaßt hatten und zwar vom Gesichtspunkt der Widerstandsfähigkeit gegen Dürre. Die Arbeiten waren zum größten Teile in Deutschland nicht bekannt; sie werden deshalb — hauptsächlich im letzten Abschnitt dieser Arbeit — kurz besprochen werden.

Ueber das von mir in meinen Untersuchungen angewandte Verfahren sei bereits an dieser Stelle folgende Bemerkung

eingeschaltet. Sowie von Schliephacke und den russischen Autoren zum Vergleiche der Sorten vorwiegend die Epidermiszellen der Blätter verwendet wurden, entschloß auch ich mich, eben dieselben bei meinen Untersuchungen zu Grunde zu legen. Die Unterschiede im anatomischen Bau des Weizenblattes sind dabei nicht so groß, daß sie sich auf den ersten Blick durchs Mikroskop offenbaren, vielmehr treten sie erst hervor durch zahlreiche Zählungen und Messungen. Es mußten also für die Untersuchung solche anatomischen Elemente gewählt werden, an denen eine große Anzahl von Messungen sich am leichtesten ausführen ließ. Dies ist möglich auf der Flächenansicht bei den Gefäßbündeln, den Spaltöffnungen, den Haarzellen und den assimilierenden Mesophyllzellen, die bei entsprechender Einstellung des Mikroskopes bei den mit Chloralhydrat aufgehellten Blättern deutlich wahrnehmbar sind.

Bevor auf die besonderen Unterschiede im Blattbau selbst eingegangen wird, sind zuvor in dem folgenden ersten Abschnitt der Arbeit die allgemeinen anatomischen Verhältnisse des Weizenblattes auseinandergesetzt. Die Schilderungen beziehen sich zunächst auf das zweitoberste Blatt der ganzen Pflanze.

# Einleitung.

## 1. Der anatomische Bau des Weizenblattes.

### a) Die Gefäßbündel.

Die Blattspreite des Weizenblattes ist von lineallanzettlicher Form und von parallel verlaufenden Gefäßbündeln durchzogen, die durch Anastomosen häufig miteinander in Verbindung treten. Oberhalb und unterhalb der Gefäßbündel liegt unter der Epidermis ein Bastgewebe, das zur Versteifung der Spreite beiträgt. Ein solches Bastgewebe tritt auch an den Rändern der Blätter auf. Je nach der Größe der Gefäßbündel oder Rippen ist mehr oder weniger mechanisches Gewebe vorhanden. Am meisten von diesen besitzt die Mittelrippe, namentlich auf der Unterseite. Die Oberseite des Blattes ist deutlicher gerippt als die Unterseite. Neben der Mittelrippe liegen zu beiden Seiten noch je 15—25 kleinere Rippen. Deren Anordnung sieht man am besten in der folgenden Aufzählung, bei der in Teilstrichen des Mikrometers die Breite der Gefäßbündel in der Reihenfolge angegeben ist, wie sie in dem Blatte senkrecht zur Längserstreckung — von der einen Seite zur anderen — liegen. Die Mittelrippe oder das Gefäßbündel I. Ordnung ist zweimal, die größeren Gefäßbündel oder Gefäßbündel II. Ordnung sind einmal unterstrichen.

1. Ungarischer Theißweizen:
   12 12 18 14 15 10 25 16 15 30 15 20 10 25 5 10 15
   40 12 16 12 25 15 12 15 30 12 12 15 25 10 5 5 15 5.

2. Heines Bordeaux-Sommerweizen:
10 15 10 10 15 20 10 5 10 8 25 5 10 20 15 15 12
30 10 15 15 35 10 15 15 30 10 10 15 10 30 10 10
10 25 10 12 10 25 10 10 10 20 8 10.

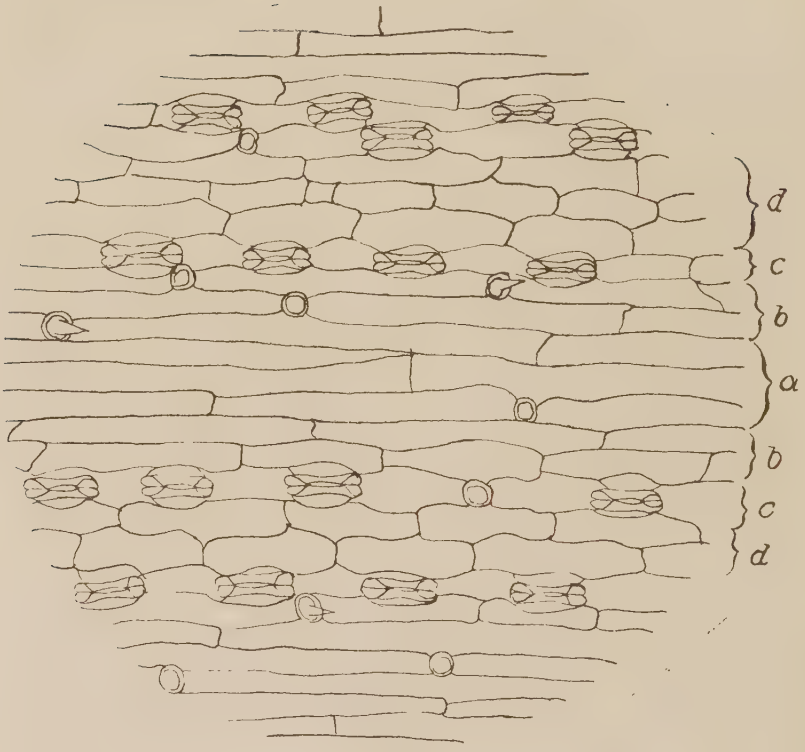
Es liegen also in der Regel 3 Gefäßbündel III. Ordnung zwischen solchen I. und II. Ordnung.

Nach Holzner und Lermer[11] entbehren die kleineren Gefäßbündel der Netz- und Ringgefäße. Die Zahl der Gefäßbündel ist eine größere bei breiteren Blättern; doch ist die Gefäßbündeldichte, d. h. die Anzahl der Gefäßbündel auf 1 cm senkrecht zur Blattspreite gemessen, verschieden je nach der Höhe des Blattes am Halme, je nach den Wachstumsbedingungen und je nach der Sorte. Dies wird später noch ausführlicher zu behandeln sein. Kranzförmig um die Gefäßbündel herum liegt eine Reihe Zellen, die kein Chlorophyll führen, die Parenchymscheide. Sie stellt das Zuleitungsgewebe dar, in das die Assimilationsprodukte aus den assimilierenden Mesophyllzellen geleitet werden, ehe sie in das Ableitungsgewebe gelangen. Nach Holzner und Lermer[11] sind die Membranen der Zellen der Parenchymscheide viel dicker als die der Assimilationszellen.

### b) Die Epidermiszellen.

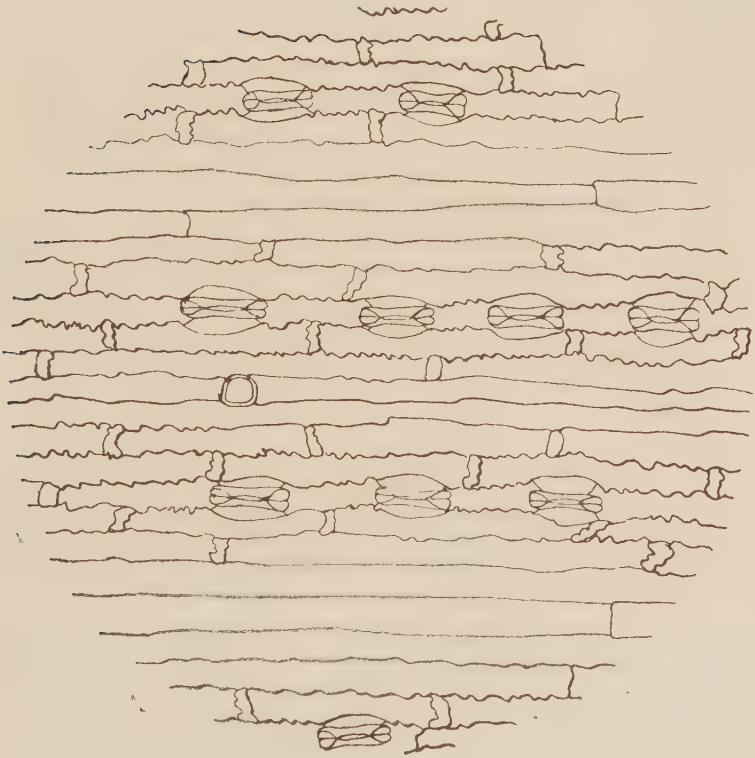
Aus den Abbildungen 1 und 2 (Seite 12 und 13) sieht man, daß sich die Epidermis der Oberseite von der der Unterseite sehr unterscheidet, aber auch auf der Oberseite und der Unterseite selbst sind die Epidermiszellen hinsichtlich ihrer Gestalt, ihrer Größe und der Beschaffenheit der Zellwände sehr verschieden. Die Zeichnung ist so hergestellt, daß durch die Mitte des Gesichtsfeldes ein Gefäßbündel verläuft, auch am oberen und unteren Rande befindet sich ein solches. Die über einem solchen Gefäßbündel liegenden Epidermiszellen sind sowohl auf der Oberseite als auch auf der Unterseite langgestreckte Zellen, die im Querschnitt eine geringe Mächtigkeit, aber dicke Zellwände aufweisen. Es folgen dann 2—3 Reihen Zellen, die weniger lang sind Auf der Oberseite sind diese Zellen glatt-

wandig, auf der Unterseite dagegen sind die Wände bei den meisten Sorten eigenartig gezackt und gewellt. Die Wellungen zweier benachbarter Zellen greifen ineinander und dienen so zur Festigung des ganzen Gewebes. Im Querschnitt ist der Durchmesser dieser Zellen meist garnicht oder nur um ein Geringes größer als der über den Gefäßbündeln liegenden. Sodann folgt die Spaltöffnungen führende Epidermiszellreihe, die abwechselnd einen Spaltöffnungsapparat, also die beiden Schließzellen mit den beiden Nebenzellen, und eine Epidermiszelle führt. Auf der Unterseite sind hier die Zellwände nicht mehr so gezackt wie bei den anderen mehr in Gefäßbündelnähe liegenden Zellen. Die Zellwände der Nebenzellen und der Schließzellen dagegen sind stets glatt. Trifft ein Querschnitt eine Epidermiszelle aus dieser Zellreihe, so gleicht sie bezüglich des Durchmessers auf der Unterseite den vorhergehenden, auf der Oberseite ist sie etwas größer. Den erheblichsten Unterschied zwischen Oberseite und Unterseite sowohl in der Aufsicht wie im Querschnitt zeigen die nun folgenden Zellreihen, die sich zu 3—5 von einer Spaltöffnungen führenden Zellreihe bis zur nächstfolgenden erstrecken und so in der Mitte zwischen 2 Gefäßbündeln, also in einer Furche, liegen. Auf der Oberseite sind diese Zellen die kürzesten, auf der Unterseite die längsten, die überhaupt auf der Epidermis vorkommen. An diesen Zellen ist am sichersten die Oberseite von der Unterseite zu unterscheiden. Die ersteren sind unregelmäßig rechteckig, und sie erscheinen, da die Querwände gewöhnlich kürzer sind als der Querdurchmesser, ausgebaucht, sich blasenförmig einander berührend und mitunter überdeckend. Sie sind auch breiter als die anderen Epidermiszellen der Oberseite. Auf dem Querschnitt sieht man, daß sie einen großen Durchmesser besitzen, der das $2—2^1/_2$fache des Durchmessers der über den Gefäßbündeln liegenden Zellen betragen kann. Ohne Zweifel hat man es hier mit Gelenkzellen zu tun, wie sie bei den Gräsern häufig sind, als eine Erinnerung des Weizens an seine „Grasnatur". Stets nach dieser Seite, der Oberseite, krümmt sich die

Abbildung 1.

Epidermis-Oberseite des Sommerweizens „Kinney 15,09".

a) Ueber einem Gefäßbündel liegende Epidermiszellen. b) Epidermiszellen in Gefäßbündelnähe. c) Spaltöffnungen führende Epidermiszellenreihe. d) Gelenkzellen.

Abbildung 2.



Epidermis-Unterseite des Sommerweizens „Kinney 15,09".

Blattspreite. Freilich ist durch die Kultur die Fähigkeit verloren gegangen, das Blatt einrollen zu können, um etwa die auf der Oberseite in größerer Anzahl als auf der Unterseite vorkommenden Spaltöffnungen in einen windstillen, wasserdampfgesättigten Raum zu bringen und sich so vor zu großer Verdunstung zu schützen.* Am Rande des Blattes fehlen die Gelenkzellen, bezw. sind sie so klein geworden, daß sie sich nicht mehr von den übrigen Epidermiszellen unterscheiden.

Die verschiedene Größe des Durchmessers der Epidermiszellen der Oberseite sieht man am besten in folgender Aufstellung, in der die Zellen nacheinander von Rippe zu Rippe aufgeführt sind.

Es beträgt der Durchmesser:

| | |
|---|---|
| der über den Gefäßbündeln liegenden Epidermiszellen | 17,8 $\mu$ |
| der in Gefäßbündelnähe liegenden | 17,8 „ |
| der Spaltöffnungen führenden Reihe | 21,4 „ |
| der Gelenkzellen | 32,1 „ |
| „ „ | 41,6 „ |
| „ „ | 40,3 „ |
| „ „ | 33,3 „ |
| der Spaltöffnungen führenden Reihe | 20,2 „ |
| der in Gefäßbündelnähe liegenden | 17,8 „ |
| der über den Gefäßbündeln liegenden | 17,8 „ |

Auf der Unterseite verändert sich der Durchmesser der Epidermiszellen nur wenig; einzig die unter einem größeren Gefäßbündel liegenden Zellen sind etwas kleiner und dickwandiger. Zu bemerken ist hier noch, daß die Cuticula der Unterseite erheblich dicker ist als die der Oberseite. Ihre Dicke ist im ersteren Falle 5—6 $\mu$, im letzteren nur ca. 3 $\mu$.

Es war schon erwähnt, daß die Zellen der Unterseite, die den Gelenkzellen der Oberseite entsprechen, die längsten

* Daß diese Fähigkeit des Weizens doch nicht verloren gegangen ist, zeigt dieses trockne Jahr 1915, in dem die Einrollung bei vielen Sorten bis zur Blattscheide deutlich wahrnehmbar ist.

sind, die in der Epidermis vorkommen. Sie sind häufig 1 mm lang und darüber, sie sind auch, mit den entsprechenden der Oberseite verglichen, nicht so breit. Die Wände dieser Zellen sind nicht mehr wie bei den in Gefäßbündelnähe liegenden gewellt, sondern glatt.

Ferner konnten in den Gelenkzellreihen noch quadratische Epidermiszellen festgestellt werden, bei manchen Sorten häufiger, bei manchen weniger häufig oder garnicht.

Außer diesen bisher beschriebenen Epidermiszellen kommen nun noch 2 Arten von Zellen im Oberhautgewebe vor: die Haarzellen und die Kurzzellen.

Die ersteren kommen auf der Ober- und Unterseite vor und tragen Haare, die je nach der Sorte nur ganz schwache, kaum wahrnehmbare Hervorwölbungen, kurze Stacheln oder kürzere bis längere Haare sein können. Sie sind rundlich bis quadratisch, ihr Durchmesser ist in der Richtung der Länge des Blattes meist geringer als in der Richtung der Breite. Die Wände sind glatt und verdickt.

Die Kurzzellen kommen nur auf der Unterseite vor. Sie tragen niemals Haare, haben gezackte Seitenwände und meist eine nierenförmige bis halbmondförmige Gestalt. Wo Haare auf der Unterseite auftreten, kommen sie auf Haarzellen vor, die dann denen der Oberseite gleichen. Es treten jedoch in diesem Falle außerdem stets noch die typischen Kurzzellen der Unterseite auf.

Die Haarzellen und Kurzzellen kommen meist in den Zellreihen vor, die in der Nähe der Gefäßbündel liegen, bei Sorten mit wenigen Haarzellen nur ganz vereinzelt in den Gelenkzellreihen. Bei Sorten mit vielen Haarzellen treten sie jedoch auch hier häufiger auf, sodaß sie dann unregelmäßig über das ganze Gesichtsfeld zerstreut erscheinen. Auch in den Spaltöffnungen führenden Reihen können Haarzellen und Kurzzellen auftreten und zwar stets da, wo man eigentlich eine Spaltöffnung vermuten sollte. Es können dann unter Umständen die Spaltöffnungen auf einer ganzen Strecke verschwinden und durch Haarzellen oder Kurzzellen ersetzt

sein. Dieses Verhalten ist bei allen Sorten gleichmäßig bemerkt worden.

### c) Die Spaltöffnungen.

Die Spaltöffnungen führenden Zellreihen liegen gewöhnlich zu beiden Seiten des Gefäßbündels, sodaß in dem Zwischenraum von Gefäßbündel zu Gefäßbündel zwei Spaltöffnungsreihen verlaufen. Bei stärkeren Gefäßbündeln liegen sie in der 3.—5. Zellreihe von der Mitte des Gefäßbündels entfernt, bei schwächeren in der 2.—3. Reihe. Ganz schwache Gefäßbündel haben mitunter nur eine Spaltöffnungsreihe, die dann unmittelbar über dem Gefäßbündel liegt, aber auch seitlich verlaufen kann. Die unmittelbar über dem Gefäßbündel liegenden Spaltöffnungen sind dann kürzer als die anderen auf dem Blatt vorkommenden. So betrug die Länge der Schließzellen beim Idener Sommerweizen auf einem Blatte 59,5 $\mu$, während die über dem Gefäßbündel liegenden nur 56,6 $\mu$ im Durchschnitt lang waren. Mit dem Stärkerwerden des Gefäßbündels stellt sich dann bald auch auf der anderen Seite eine Spaltöffnungsreihe ein. Häufig kommen gleichzeitig zwei Reihen von Spaltöffnungen nebeneinander vor. Es konnte beobachtet werden, daß dann bezüglich der Größe der Spaltöffnungen die eine Reihe dem Durchschnitt entspricht; die andere Reihe zeigt dann aber durchweg kleinere Spaltöffnungen. Diese Doppelreihen wurden bei allen Sorten festgestellt.

Inbezug auf Bau und Funktion zeigen die Spaltöffnungen des Weizens den besonderen Typus der Spaltöffnungen der Gramineen und Cyperaceen, wie er, nur bei diesen vorkommend, von Schwendener[36] beschrieben wurde. Der Spaltöffnungsapparat besteht aus zwei seitlich anliegenden, halbelliptischen Nebenzellen und den zwei Schließzellen, die von hantelförmiger Gestalt sind. Auch der Kern jeder Schließzelle zeigt diese Hantelform. Die Wände der Ober- und Unterseite des Mittelteiles der Schließzellen sind sehr verdickt, sodaß nur ein schmaler, median gelegener Kanal die Verbindung mit den beiden dünnwandigen und Chlorophyll führenden End-

stücken bildet. Die eigentliche Spaltöffnung stellt ein längliches Sechseck dar, „dessen Seitenlinien unter sich parallel und geradlinig verlaufen oder sogar etwas nach innen gewölbt sind. Beim Oeffnen und Schließen bewegen sich diese Linien parallel mit sich selbst, vergleichbar der verschiebbaren Schneide eines Spektralapparates.“ Das Mittelstück verhält sich bei der Bewegung völlig passiv; die Kräfte, die das Oeffnen und Schließen bewirken, müssen demnach ihren Sitz in den beiden dünnwandigen Endteilen haben. Schwendeners Messungen haben nun gezeigt, daß diese Endteile bei Wasseraufnahme durch Osmose ihr Volumen vergrößern und die Außenwände vorwölben, und „daß die Verschmälerung der Enden in jedem einzelnen Falle (von extremen Oeffnungsweiten abgesehen) mit der Verengerung der Centralspalte übereinstimmt oder nur um eine kleine Größe davon abweicht.“

Das abwechselnde Auftreten von Spaltöffnungen und Epidermiszellen innerhalb der Spaltöffnungen führenden Zellreihen wird verständlich, wenn man die Entwicklung der Spaltöffnungen betrachtet. Wie Straßburger[45] zuerst gezeigt hat, sind an der Entwicklung der Spaltöffnungen der Gramineen mehrere Oberhautzellen beteiligt. Der Vorgang, wie ihn auch Pfitzer[25] bei Mais, Holzner und Lermer[11] bei Gerste beschrieben haben, ist kurz folgender. Eine Oberhautzelle teilt sich in zwei ungleich große Zellen, von denen die kleinere vordere die Spaltöffnungsmutterzelle wird, die andere größere bleibt Epidermiszelle. Es findet dann ein starkes Wachstum der Epidermiszellen in die Breite statt. Dadurch, daß die Spaltöffnungsmutterzellen an diesem Wachstum nicht teilnehmen, entsteht an dieser Stelle eine Ausbuchtung oder Wölbung der beiden seitlich anliegenden Oberhautzellen. Aus diesen Wölbungen zu beiden Seiten der Spaltöffnungsmutterzelle werden nun durch zum Blatt senkrecht stehende Längswände die Nebenzellen gebildet. Aus der Spaltöffnungsmutterzelle selbst entstehen dann durch Teilung die Schließzellen. Schon vorher hat das Gewebe unter der Spaltöffnungsmutterzelle angefangen, zurückzuweichen und die Atemhöhle zu bilden.

Von diesem regelmäßigen Wechsel von Spaltöffnungen und Epidermiszellen gibt es nun verschiedene Ausnahmen. Die eine, selten vorkommende und im Verlauf dieser Arbeit nur zweimal bemerkte Abweichung ist die Bildung von sogenannten Zwillingsspaltöffnungen. Es folgen in diesem Fall 2 Spaltöffnungen unmittelbar aufeinander in der Längsrichtung und berühren sich mit den erweiterten Enden der Schließzellen. Die beiden Nebenzellen sind ihnen dann gemeinsam, sodaß der Zwillingsspaltöffnungsapparat insgesamt aus 6 Zellen besteht. Häufiger, namentlich auf der Unterseite, kommt es vor, daß die Spaltöffnungen auf eine Strecke ausfallen und dann mehrere Epidermiszellen hintereinander folgen wie in einer gewöhnlich Epidermiszellreihe. Am häufigsten aber ist der bereits erwähnte Ersatz von Spaltöffnungen durch Haarzellen.

Dieses eigentümliche Verhalten hat nun Pfitzer[11] zu der Ansicht gebracht, daß die Haarzellen als Spaltöffnungen anzusprechen seien, bei denen man einen Stillstand der Entwicklung anzunehmen hätte. Er sagt darüber: „Die Kurzzellen* finden sich also an Stellen, an welchen man nach Analogie der meisten Gräser Stomata erwarten sollte, ohne daß solche zur Ausbildung gelangen. Es scheint mir daher die Vermutung nahe zu liegen, daß die Kurzzellen überhaupt als fehlgeschlagene Spaltöffnungsmutterzellen zu betrachten seien.“ Und weiter: „Nun hat aber Sorauer gefunden, daß an der Spitze der Blumenblätter von Tulipa die Haare gerade dort beginnen, wo die Stomata aufhören, und man sieht auch bei Gräsern, daß in einer Reihe von Zellen der Epidermis Haare und Spaltöffnungen durch je eine große Oberhautzelle getrennt, einander unregelmäßig folgen. Es scheint nach alledem, daß die Stomata ebenfalls als Trichome betrachtet werden könnten, daß ihre Mutterzellen wenigstens bisweilen denen mit Haaren gleichwertig sind, und daß diese Mutterzellen sich dann entweder zu Spaltöffnungen oder

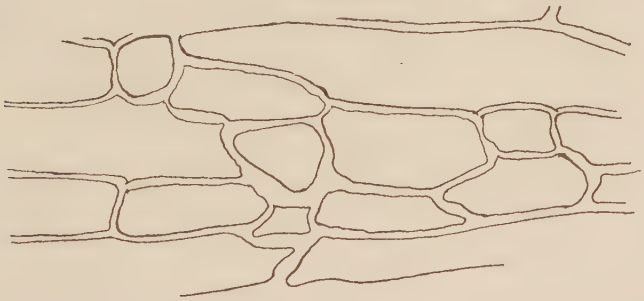
* Er nennt auch die haartragenden Zellen Kurzzellen.

wahren Trichomen zu entwickeln vermögen, oder aber als Kurzzellen in ihrer Ausbildung stehen bleiben."

Im Rahmen dieser Arbeit konnte diesem Verhalten nicht genauer nachgeforscht werden. Es seien hier nur die Beobachtungen mitgeteilt, die über mißgebildete, verkrüppelte Spaltöffnungen gemacht wurden.

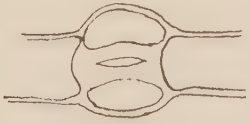
Es konnte festgestellt werden, daß diese Mißbildungen zweierlei Art sind. Entweder sind bei diesen verkrüppelten Spaltöffnungen, die an der normalen Stelle in der Reihe der andern liegen, auch die seitlich anliegenden Oberhautzellen in Mitleidenschaft gezogen worden, sodaß man dann vor einem vollkommen zertrümmerten Zellkomplex steht (Abbildung 3),

Abbildung 3.



von dem die Zugehörigkeit der einzelnen Bestandteile sich nicht mehr mit Sicherheit feststellen läßt, oder die Mißbildung bezieht sich nur auf den Spaltöffnungsapparat mit seinen Schließ- und Nebenzellen, neben denen die Oberhautzellen vollkommen normal gebaut sind. Die erstere Art der Mißbildung kommt sehr selten vor; häufiger ist der Fall, daß nur der Spaltöffnungsapparat verkrüppelt ist. Eine solche Spaltöffnung zeigt Abb. 4. Man sieht hier noch deutlich die Nebenzellen

Abbildung 4.



und die Zentralspalte. Die beiden Schließzellen sind zu einem zusammenhängenden Gebilde reduziert. Der ganze Apparat hat an Länge jedoch gegenüber den normalen Spaltöffnungen bedeutend eingebüßt, er ist wenig länger gestreckt als eine Haarzelle. Abb. 5 zeigt dann, wie die eine Nebenzelle sich

Abbildung 5.

auf Kosten der anderen, deren Lumen nur noch als schmale Spalte sichtbar ist, vergrößert hat, während die Schließzellen und die Zentralspalte vollkommen verschwunden sind. In noch höherem Maße ist dies bei Abb. 6 der Fall. Es braucht

Abbildung 6.

hier nur noch das wenig sichtbare Lumen der einen Nebenzelle zu verschwinden, und man wird kaum imstande sein, zu sagen, ob man es in diesem Falle mit einer verkrüppelten Spaltöffnung oder mit einer Haarzelle zu tun hat.

Es würde dies also eine Reduzierung bereits in der Entwicklung begriffener Teile sein, wie es Sorauer[43] bei ähnlichen Kurzzellen annahm, die er bei Liliaceen beobachtet hatte, während Pfitzer selbst, wie schon erwähnt, nur an einen Stillstand der Entwicklung glaubt. Pfitzer[25] hat bei manchen Gräsern, z. B. bei Panicum plicatum, feststellen können, daß auch die Mutterzellen von Haaren sich mit Nebenzellen umgeben können. Ein solcher Fall konnte am Weizenblatt nur einmal an einem Blatt von Heines Bordeaux beobachtet werden, und zwar zeigte die betreffende Haarzelle nur eine Nebenzelle.

Die verkrüppelten Spaltöffnungen, wie eben beschrieben, wurden bei allen Sorten gefunden, am häufigsten jedoch

bei Pflanzen, die in den Gefäßen gewachsen waren, und zwar war es hier Kirsches Weizen, bei dem diese krüppelhaften Spaltöffnungen besonders häufig in Erscheinung traten.

## 2. Methode.

Bei der Ausführung der Untersuchung wurde darauf gesehen, daß die Blätter, die zur Untersuchung gelangten, stets von Hauptsprossen stammten. Es wurden 20 Blätter entnommen und deren Länge und Breite gemessen. 10 Blätter wurden dann zur Aufhellung in eine Lösung von Chloralhydrat in Wasser (5 : 3) gelegt. An diesen Blättern wurden die mikroskopischen Zählungen und Messungen vorgenommen. Die Anzahl der Spaltöffnungen wurde als Durchschnitt von je 10 Gesichtsfeldflächen auf jedem Blatt, auf der Oberseite und der Unterseite bestimmt. Die gewonnene Zahl, wie sie in den Tabellen angeführt ist, ist demnach der Durchschnitt von 100 Gesichtsfeldern. Die Größe des mikroskopischen Gesichtsfeldes betrug 0,99569 qmm, es fehlt also nur eine geringe Größe an 1 qmm. Die gefundenen Zahlen wurden deshalb nicht umgerechnet. Die Abweichung ist eine sehr geringe. Betrug z. B. die Anzahl im Gesichtsfeld 74,08, so würde sich, auf 1 qmm berechnet, ergeben 74,40. An 50 Spaltöffnungen auf jedem Blatt wurde die Länge festgestellt, und zwar wurden je 10 auf 3 Reihen der einen Seite der Mittelrippe und je 10 Stück auf 2 Reihen auf der anderen Seite gemessen. Eine Zahl in der Tabelle ist also das Mittel von 500 Messungen. Die Anzahl der Haare wurde auf einem Gesichtsfelde jedes Blattes ermittelt, eine Zahl in der Tabelle ist demnach das Mittel aus 10 Gesichtsfeldern. Die Gefäßbündeldichte wurde in der Weise gefunden, daß die Anzahl der Gefäßbündel von den 10 Blättern gezählt wurde und die berechnete Durchschnittszahl durch die Breite der Blätter dividiert wurde. Der Durchmesser der Mesophyllzellen wurde nicht an allen Blättern bestimmt. Es wurde vielmehr ein Blatt ausgewählt, das nach Anzahl und Größe

der Spaltöffnungen dem Durchschnitt der 10 Blätter am nächsten kam. An diesem wurden dann 30—50 Messungen ausgeführt und zwar wurden die Mesophyllzellen gemessen, die in der Mitte zwischen 2 Gefäßbündeln lagen. Die Dicke des Blattes endlich wurde mit dem Schraubenmikrometer bestimmt. Die Mittelrippe wurde nicht mitgemessen. Die Messung der Querschnitte unter dem Mikroskop wäre genauer gewesen, doch zeitraubender, und es hätte dann eine so große Anzahl nicht untersucht werden können. Daß mit dem Schraubenmikrometer ganz zuverlässige Ergebnisse erzielt werden, ist ersichtlich aus den geringen Schwankungen der Dicke der einzelnen Blätter. Es betrug z. B. die Dicke von:

| | Ontario Colorado | Lupitzer Sandweizen |
|---|---|---|
| bei Blatt Nr. 1 | 0,340 | 0,220 |
| „ „ 2 | 0,330 | 0,205 |
| „ „ 3 | 0,325 | 0,195 |
| „ „ 4 | 0,330 | 0,190 |
| „ „ 5 | 0,330 | 0,190 |
| „ „ 6 | 0,330 | 0,210 |
| „ „ 7 | 0,345 | 0,220 |
| „ „ 8 | 0,320 | 0,210 |
| „ „ 9 | 0,350 | 0,215 |
| „ „ 10 | 0,335 | 0,220 |
| Durchschnitt | 0,3335 | 0,2075. |

Um zu zeigen, wie groß überhaupt die Schwankungen der einzelnen anatomischen Elemente bei den verschiedenen Blättern einer Sorte sind, seien hier die Zahlen für die einzelnen Blätter einer Landsorte und einer hochgezüchteten Sorte angeführt (S. 23).

Ohne zunächst auf näheres hier einzugehen, sei nur hervorgehoben, daß die Zahlen für den Landweizen in weiteren Grenzen schwanken als für die hochgezüchteten Sorten. Es schwankt z. B. die Anzahl der Spaltöffnungen auf der

| Sorte | Pflanze Nr. | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Idener Sommerweizen | Anzahl der Spaltöffnungen | Oberseite | 64,6 | 52,2 | 70,8 | 67,4 | 70,6 | 65,4 | 64,0 | 45,2 | 52,2 | 63,2 |
| | | Unterseite | 50,2 | 44,6 | 52,8 | 46,2 | 51,6 | 49,6 | 48,6 | 36,4 | 39,6 | 48,6 |
| | Größe der Spaltöffnungen | | 47,8 | 49,5 | 45,6 | 48,2 | 45,0 | 45,1 | 48,8 | 57,0 | 52,8 | 48,0 |
| | Anzahl der Haarzellen | Oberseite | 47 | 49 | 63 | 48 | 91 | 68 | 59 | 53 | 27 | 38 |
| | | Unterseite | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Anzahl der Gefäßbündel | | 45 | 48 | 54 | 43 | 50 | 45 | 49 | 50 | 43 | 50 |
| | Dicke des Blattes | | 0,250 | 0,260 | 0,260 | 0,250 | 0,270 | 0,265 | 0,240 | 0,245 | 0,230 | 0,250 |
| Heines Bordeaux Sommerweizen | Anzahl der Spaltöffnungen | Oberseite | 53,0 | 48,4 | 53,0 | 45,8 | 48,8 | 54,2 | 54,6 | 46,4 | 52,4 | 51,0 |
| | | Unterseite | 44,4 | 43,6 | 42,6 | 42,6 | 37,8 | 43,8 | 45,4 | 43,6 | 43,6 | 41,0 |
| | Größe der Spaltöffnungen | | 55,1 | 55,6 | 55,9 | 55,4 | 52,3 | 55,6 | 52,7 | 56,5 | 53,4 | 54,7 |
| | Anzahl der Haarzellen | Oberseite | 47 | 58 | 42 | 47 | 51 | 39 | 54 | 41 | 47 | 54 |
| | | Unterseite | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Anzahl der Gefäßbündel | | 42 | 57 | 45 | 41 | 40 | 43 | 48 | 42 | 44 | 43 |
| | Dicke des Blattes | | 0,220 | 0,235 | 0,205 | 0,215 | 0,220 | 0,205 | 0,205 | 0,200 | 0,220 | 0,180 |

Oberseite beim Idener zwischen 45,2—70,8, beim Bordeaux nur zwischen 45,8—54,6. Die Größe der Spaltöffnungen schwankt beim Idener zwischen 45,0—57,0, beim Bordeaux zwischen 52,7—56,5 $\mu$. Dies ist auch leicht erklärlich, wenn man sich vergegenwärtigt, daß eine Landsorte aus verschiedenen Typen zusammengesetzt ist, die auch im anatomischen Bau verschieden sind.

# Hauptteil.

## A. Der anatomische Bau der Blätter nach der Höhe ihres Standes am Halme.

Es wurde zunächst untersucht, wie sich die verschiedenen Blätter einer Weizenpflanze je nach der Höhe ihrer Stellung am Halme von einander unterscheiden. Die Ergebnisse der Messungen sind in Tabelle I Seite 26 zusammengestellt. Hierzu ist zu bemerken, daß mit Blatt I das oberste, der Aehre am nächsten sitzende Blatt bezeichnet ist, mit II das zweitoberste und so fort. Die Sorte Ontario Colorado entstammte dem Sommerungs-Sortiment der Pflanzenzuchtstation, Strubes schlesischer Grannenweizen dem ökonomisch-botanischen Garten. Bei dem ersteren rühren die untersuchten 50 Blätter von verschiedenen Pflanzen her, bei dem letzteren von denselben 10 Pflanzen.

Man sieht aus der Tabelle, daß die Breite des Blattes ständig von unten nach oben zunimmt, und zwar bei beiden Sorten übereinstimmend. Anders verhält sich die Länge des Blattes. Sie steigt bei Ontario Colorado vom untersten Blatt bis zum dritten, um dann wieder zu fallen nach dem obersten Blatt zu, das von allen zur Zeit der Blüte vorhandenen Blättern das kürzeste ist. Der Höhepunkt liegt also hier beim dritten Blatt, beim schlesischen Grannenweizen dagegen beim zweiten. Ob dies eine Sorteneigentümlichkeit ist oder durch äußere Bedingungen — durch die reichlichere Ernährung und die größere Standweite im Garten — verursacht ist, möchte ich hier nicht näher untersuchen. Bei der Gerste fand Sorauer[39] insofern

**Tabelle I.**

Der anatomische Bau der Blätter nach der Höhe ihres Standes am Halme.

I = oberstes Blatt, II = zweitoberstes Blatt u. s. f.

| Sorte | Nr. des Blattes | Blatt- | | | Anzahl der Spaltöffnungen auf 1 qmm | | Größe der Spaltöffnungen | | Durchmesser der Mesophyllzellen | Anzahl der Gefäßbündel | Gefäßbündeldichte auf 1 cm Breite | Anzahl der Haarzellen | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | länge | breite | dicke | Oberseite | Unterseite | Oberseite | Unterseite | | | | Oberseite | Unterseite |
| | | cm | cm | mm | | | $\mu$ | $\mu$ | $\mu$ | | | qmm | qmm |
| Ontario Colorado | I | 22,0 | 1,66 | 0,337 | 57,6 | 48,1 | 56,1 | 55,9 | 17,9 | 58,2 | 35,1 | 180,2 | 70,6 |
| | II | 25,7 | 1,62 | 0,333 | 50,0 | 46,6 | 59,8 | 59,3 | — | 55,8 | 34,4 | 115,9 | 64,4 |
| | III | 31,0 | 1,49 | 0,334 | 45,7 | 44,6 | 60,1 | 61,4 | 20,2 | 46,1 | 30,9 | 85,3 | 48,7 |
| | IV | 29,6 | 1,37 | 0,330 | 42,1 | 36,1 | 64,0 | 64,0 | — | 40,8 | 30,9 | 42,4 | 26,2 |
| | V | 25,8 | 1,18 | 0,344 | 41,7 | 38,4 | 66,4 | 65,8 | 25,8 | 35,3 | 29,9 | 40,8 | 34,1 |
| Strubes schlesischer Grannenweizen | I | 27,8 | 1,45 | — | 64,2 | 46,8 | 59,4 | 57,9 | — | — | — | 34,8 | 0 |
| | II | 34,3 | 1,20 | — | 57,9 | 45,7 | 63,3 | 62,1 | — | — | — | 8,7 | 0 |
| | III | 33,4 | 0,91 | — | 46,1 | 37,6 | 70,6 | 68,0 | — | — | — | 3,4 | 0 |
| | IV | 28,8 | 0,83 | — | 44,9 | 34,7 | 73,0 | 70,6 | — | — | — | 2,0 | 0 |

eine Abweichung, als nach ihm die in der Mitte des Halmes stehenden Blätter nicht nur die längsten, sondern auch die breitesten sind. Die obersten sind nach ihm auch die kleinsten. Die Dicke des Blattes zeigt, wenigstens bei dem untersuchten Ontario Colorado, keine wesentlichen Unterschiede.

Bezüglich der Anzahl der Spaltöffnungen auf einem Quadratmillimeter zeigen beide Sorten ein übereinstimmendes Bild. Man sieht zunächst, daß auf der Oberseite stets mehr Spaltöffnungen vorhanden sind als auf der Unterseite, eine Tatsache, auf die bereits hingewiesen wurde. Weiter kann man feststellen, daß die Anzahl der Spaltöffnungen von den unteren Blättern nach den oberen hin zunimmt. Oberseite und Unterseite zeigen insofern eine Verschiedenheit, als die Zunahme auf der Unterseite eine nicht so schnelle ist, wie die Differenz (I—V) zwischen dem obersten und untersten Blatte am besten zeigt:

| | Oberseite | Unterseite |
|---|---|---|
| Ontario Colorado | 15,9 | 9,7 |
| schles. Grannenweizen | 19,3 | 12,1. |

Es wird im Laufe dieser Ausführungen noch öfter Gelegenheit sein, darauf hinzuweisen, daß die Unterseite inbezug auf die Anzahl der Spaltöffnungen nicht so großen Schwankungen unterworfen ist wie die Oberseite.

Die Größe der Spaltöffnungen verhält sich auf beiden Seiten des Blattes gegensinnig zur Anzahl, d. h. sie nimmt vom untersten Blatt nach dem obersten zu ab. Auf der Unterseite sind die Spaltöffnungen im Durchschnitt etwas kleiner. Dieses gegensinnige Verhalten — wenige, aber größere oder umgekehrt viele, aber kleinere Spaltöffnungen — wiederholt sich in fast allen untersuchten Fällen, und zwar nicht nur bei den verschiedenen Sorten und bei den Pflanzen, die verschiedenen Wachstumbedingungen ausgesetzt waren, sondern fast an jedem einzelnen Blatte, wie es folgende Zusammenstellung zeigt:

| Strubes schles. Grannenweizen | Anzahl Oberseite | Anzahl Unterseite | Größe Oberseite μ | Größe Unterseite μ |
|---|---|---|---|---|
| I. Blatt Nr. 2 | 72,2 | 49,0 | 45,5 | 45,5 |
| „ 8 | 58,0 | 43,0 | 55,4 | 56,4 |
| „ 6 | 66,6 | 46,9 | 47,8 | 45,4 |
| III. Blatt Nr. 2 | 51,0 | 46,2 | 54,2 | 52,1 |
| „ 8 | 40,7 | 34,4 | 59,1 | 55,8 |
| IV. Blatt Nr. 1 | 41,7 | 33,4 | 67,9 | 65,5 |
| „ 5 | 55,0 | 41,6 | 54,5 | 49,7. |

Das gleiche ist festzustellen in der Zusammenstellung S. 23 im Vergleich der Blätter Nr. 3 und 8 oder Nr. 5 und 9 des Idener Weizens.

Man sieht auch aus diesen Zahlen, daß in der Mehrzahl der Fälle einer größeren Anzahl von Spaltöffnungen auf der Oberseite eine größere Anzahl auf der Unterseite entspricht.

Wie die Größe der Spaltöffnungen verhält sich der Durchmesser der Mesophyllzellen; auch er nimmt von unten nach oben zu ab. Man kann also sagen, daß die unteren Blätter der Weizenpflanze aus größeren und demnach — auf eine bestimmte Fläche berechnet — aus weniger Zellen bestehen als die oberen Blätter. Dies gilt sowohl für die Epidermiszellen, als auch für die Spaltöffnungen und Mesophyllzellen. Daher das stets zu beobachtende gegensinnige Verhalten zwischen Anzahl und Größe der Spaltöffnungen, wie es vorhin geschildert wurde.

Vergleicht man Länge und Breite der Blätter derselben Pflanze mit der Anzahl und Größe der Zellen, so sieht man, daß durchaus keine Beziehung besteht etwa in der Weise, daß die längsten mittleren Blätter größere und dementsprechend weniger zahlreiche Zellen aufzuweisen hätten.

Die verschiedene Zellgröße der aufeinanderfolgenden Blätter an der gleichen Getreidepflanze hat zuerst Sorauer[40]

bei Gerste beobachtet, die er bei verschiedener Boden- und Luftfeuchtigkeit erzog. Auch er kam zu dem Ergebnis, daß „die Zahl der Zellen, welche ein Blatt zusammensetzen, bei der Gerstenpflanze umso größer ist, je höher das Blatt am Halme steht.“ Zum Unterschiede von den hier angeführten Messungen findet er jedoch, daß sich bei der Gerste die größte Zellenausdehnung in den mittleren, also längsten, und nach ihm auch breitesten Blättern findet. Erwähnt sei noch, daß er auch die Länge der Epidermiszellen, die innerhalb der Spaltöffnungsreihen die einzelnen Spaltöffnungen von einander trennen, gemessen und gefunden hat, daß deren Länge nach den oberen Blättern zu abnimmt.

Die Gesamtanzahl der Gefäßbündel nimmt zu mit der Breite des Blattes, jedoch nicht in regelmäßiger Weise. Dies erkennt man, wenn man die Gefäßbündeldichte berechnet, d. h. die Anzahl der Gefäßbündel auf 1 cm, gemessen senkrecht zur Richtung der Gefäßbündel. Es ergibt sich dann, daß die Gefäßbündeldichte am größten ist auf dem obersten und am geringsten auf dem untersten Blatt, dazwischen findet ein regelmäßiger Abstieg statt.

Der größere Gefäßbündelreichtum der oberen Blätter gegenüber den unteren wurde auch von Sorauer[39] festgestellt und hängt nach ihm mit der Zellengröße zusammen. Er kam durch seine Untersuchungen zu der Ansicht, „daß (im Gerstenblatt) jedes Gefäßbündel eine bestimmte Anzahl Zellen zu ernähren hat.“ „Werden also die Zellen kleiner, so nimmt auf einer bestimmten Fläche ihre Anzahl und demgemäß die zur Ernährung dieser Zellen notwendige Anzahl der Gefäßbündel zu.“ Haberlandt[9] sagt: „Das Gefäßbündelnetz der Laubausbreitungen ist im allgemeinen umso reicher ausgebildet, und seine Maschen sind umso enger, je stärker die Transpiration des betreffenden Blattes ist.“ Wenn man auf dem Standpunkt steht, daß eine Fläche mit mehr Spaltöffnungen auch mehr Wasser verdunstet, so könnte man aus dem Umstande, daß die oberen Blätter mehr Spaltöffnungen besitzen als die unteren, folgern, daß sie stärker verdunsten. Diese

Annahme wäre nur gerechtfertigt, wenn der anatomische Bau der unteren und der oberen Blätter übereinstimmte. Es wurde aber gezeigt, daß sie sich durch ihre Zellgröße von einander unterscheiden. Jedenfalls ist es ohne Zweifel, daß die höheren Blätter im Vergleich zu den unteren solchen Bedingungen ausgesetzt sind, die eine Vermehrung der Transpiration zur Folge haben. Vor allem sind dies stärkere Insolation, höhere Temperatur und wahrscheinlich geringerer Feuchtigkeitsgehalt der Luft. Die stärkere Insolation legt nun die Vermutung nahe, daß die oberen Blätter mehr eine Art Sonnenblatt-, die unteren mehr Schattenblattcharakter zeigen könnten, Erscheinungen, wie sie am dicotylen Blatt genauer erforscht sind. Nach Schuster[35] zeigen auch die stärker transpirierenden Sonnenblätter eine größere Dichte der Nervatur als die Schattenblätter derselben Art. Bei den monocotylen Blättern der Getreidepflanze kann man wohl nicht in dem Maße von Sonnen- und Schattenblättern reden. Jedenfalls fehlt hier zum Vergleich die am dicotylen Sonnenblatt am meisten ins Auge fallende Verlängerung der Palisadenzellen, bezw. Vermehrung der Palisadenzellschichten. Ein anderes wichtiges Merkmal des Sonnenblattes, seine größere Dicke, konnte — in diesem Fall durch Messen an Querschnitten unter dem Mikroskop — ebenfalls nicht festgestellt werden.

Auch der Durchmesser der Gelenkzellen zeigte keine merkliche Veränderung; er betrug sowohl bei den unteren als auch bei den oberen Blättern von Strubes schlesischem Grannenweizen in den 10—12 rechts und links von der Mittelrippe liegenden im Durchschnitt 38,1 $\mu$.

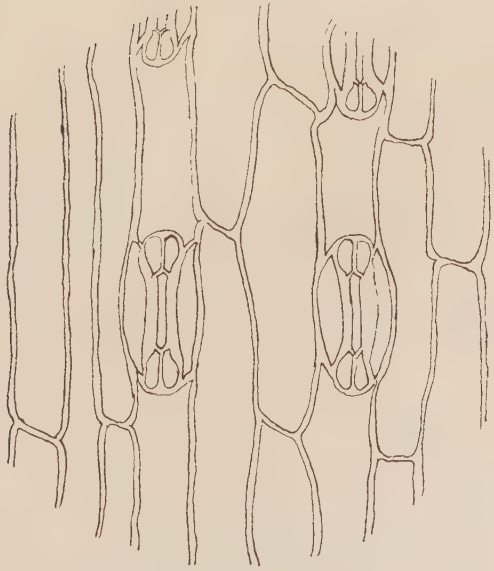
Es wurde vorhin gesagt, daß die oberen Blätter infolge ihrer höheren Insertion am Halme Bedingungen ausgesetzt sind, die eine stärkere Verdunstung zur Folge haben. Damit mag in Zusammenhang stehen, daß sie andererseits wieder einige Einrichtungen aufzuweisen haben, die auf eine Verminderung wenigstens der cuticularen Transpiration hindeuten. Es ist dies die aus den Abbildungen 7—10 ersichtliche Verdickung der Epidermiszellwände. Bei den unteren

Strubes schlesischer Grannenweizen.

Abbildung 7.

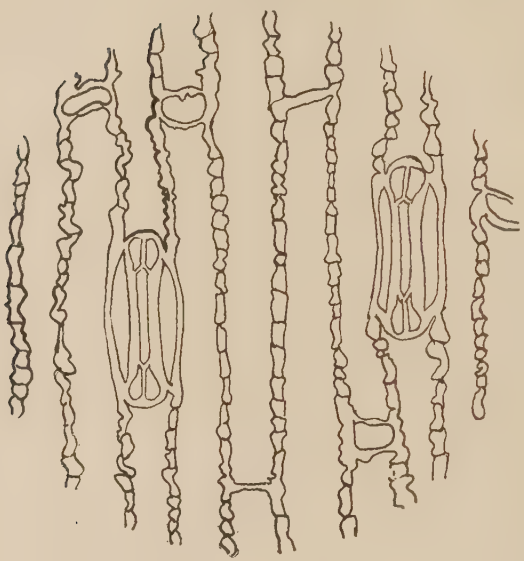
Oberseite, I. Blatt von oben.

Abbildung 8.



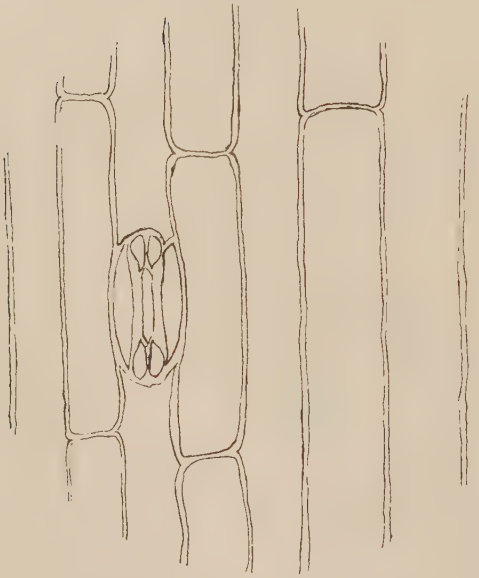
Oberseite, IV. Blatt von oben.

Abbildung 9.



Unterseite, I. Blatt von oben.

Abbildung 10.



Unterseite, IV. Blatt von oben.

Blättern sind die Zellwände dünn und selbst die der Unterseite sind nicht gewellt, wie dies als charakteristisch beim II. Blatt beschrieben wurde. Bei den oberen Blättern dagegen sind sie bedeutend dicker, auf der Unterseite knotig, von Tüpfeln durchzogen, auf der Oberseite zeigen die in der Nähe der Gefäßbündel liegenden Zellreihen bereits die gewellten Seitenwände. Die zunehmende Verdickung und Wellung der Epidermiszellwände von den unteren Blättern nach den oberen zu ist am deutlichsten ausgeprägt bei den Spelzen und Grannen, die ja auch als metamorphosierte Blätter anzusehen sind, die ersteren als umgewandelte Blattscheiden, die letzteren als Blattspreiten. Bemerkenswert ist noch, daß die Nebenzellen an der Wellung der Zellwände nicht teilnehmen.

Eine weitere Verminderung der cuticularen Transpiration der oberen Blätter wird auch durch die Haare bewirkt, soweit solche bei den verschiedenen Sorten überhaupt vorhanden sind. Die Haare, oder genauer gesagt, die Haarzellen, nehmen in den oberen Blättern unverhältnismäßig stark zu gegenüber den unteren. Wenn sie nun auch nicht so lang sind, daß sie zwischen sich und der Oberhaut einen wasserdampfgesättigten Raum herstellen könnten, so bilden sie doch durch ihre dicken Zellwände, mit denen sie knopfartig im Hautgewebe sitzen, immerhin einen Schutz gegen Verdunstung.

Zum Schluß seien noch einige Zahlen von Kolkunoff[16] angeführt, der der anatomischen Beschaffenheit der Blätter, besonders der Zellgröße, eine große Bedeutung für die Gesamtleistung der Pflanze beimißt, und auch, wie später noch genauer ausgeführt werden soll, praktische Folgerungen für die Züchtung daraus gezogen hat.

Die Zahlen beziehen sich auf Kubanka, einen russischen Weizen.

| Etage | Zahl der Spaltöffnungen im Gesichtsfeld | | Länge der Spaltöffnungen | | Zahl der Epidermiszellen im Gesichtsfeld | Durchmesser der Mesophyllzellen | Länge der Nervatur pro qmm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Oberseite | Unterseite | Oberseite μ | Unterseite μ | Oberseite | μ | |
| I | 331 | 222 | 43,8 | 40,3 | 50,0 | 11,7 | 590 |
| II | 256 | 217 | 50,8 | 47,4 | 37,3 | 13,9 | 406 |
| III | 170 | 158 | 53,3 | 50,2 | 27,4 | 14,8 | 353 |
| IV | 159 | 133 | 60,4 | 58,9 | 27,0 | 20,1 | 330 |
| V | 116 | 91 | 71,6 | 68,5 | 20,0 | 27,9 | 320 |

Diese Zusammenstellung zeigt eine vollkommene Uebereinstimmung mit den in Tabelle I angeführten Messungen. Man sieht hier — wie nicht anders zu erwarten — daß auch die Zahl der Epidermiszellen von unten nach oben abnimmt.

Die Bestimmung der Dichte der Nervatur hat Kolkunoff nach der von v. Zalenski[52] angegebenen Methode vorgenommen.

Nach den geschilderten Unterschieden der Blätter ist es ohne weiteres klar, daß zum Vergleich verschiedener Sorten oder unter verschiedenen Bedingungen gewachsener Pflanzen immer nur Blätter verwendet werden dürfen, die gleich hoch am Halme angesetzt waren. Es beziehen sich daher sämtliche jetzt folgende Messungen und Schilderungen stets auf das 2. Blatt.

## B. Die Gefäßversuche.

### 1. Der Entwicklungsverlauf.

Die Gefäßversuche wurden zu dem Zwecke unternommen, das Verhalten einiger Sorten bei verschiedener Bodenfeuchtigkeit bezüglich ihres Wasserhaushaltes zu prüfen und zu untersuchen, wie sich der anatomische Bau der Blätter bei den verschiedenen Feuchtigkeitsstufen verändert und mit dem Wasserverbrauch in Beziehung stellt.

Es galt nun, einige Sommerweizensorten zu finden, die sich in ihrem Wasserverbrauch sehr von einander unterscheiden. Als solche wurden mir von Herrn Prof. Dr. Holdefleiß genannt: Arnautka als wenig anspruchsvoll für Wasser, und Kirsches Sommerweizen als ein Weizen, der große Ansprüche an die Wasserversorgung stellt. Arnautka, zu Triticum durum gehörig, ist nach Schindler[39] in den Steppen Süd-Rußlands sehr verbreitet. Es entsprechen diese beiden Sorten im allgemeinen den beiden Typen, von denen v. Tschermak[46] sagt: „Der relativ xerophytische oder Trockenheitstypus wird von den Landrassen des mitteleuropäischen Kontinentalklimas repräsentiert, der relative Feuchtigkeits- oder hydrophytische Typus von den Rassen des marinen Klimas, welche schon seit langem der Veredlungszucht unterworfen worden sind und daher als „Kulturrassen“ im engeren Sinne bereichnet werden.“

Als Merkmale des relativ xerophytischen Typus gibt v. Tschermak[46] folgende an: „Der Halm schwächer, zum Lagern neigend, nicht besonders lang, der Besatz der schlanken Aehren locker, der Ertrag geringer, die Frucht-

resp. Kornschale dünner, der Klebergehalt reicher; zudem sind sie verhältnismäßig anspruchslos an Boden und Feuchtigkeit, widerstandsfähiger gegen Krankheiten und winterfest.“ Schindler[29] spricht von der „trockenen“ Konstitution der Steppenweizen und der „schwammigen“ der westeuropäischen Sorten. Nach Remy[26] ist eine Pflanze „inbezug auf Verdunstung und Wassernutzwirkung um so besser gestellt, je kleiner ihre Oberfläche im Verhältnis zur Masse ist“.

Die Kennzeichen geringer Oberflächenentwicklung sind nach ihm folgende:

a) hoher Kornanteil,
b) schmale dicke Blätter,
c) möglichst geringe Blätterzahl,
d) kurzer und feiner Halm der Pflanze.

Als einen Weizen, der in der Mitte der beiden Extreme steht, wählte ich Strubes schlesischen Grannenweizen.

Jede der genannten 3 Sorten wurde bei 3 verschiedenen Feuchtigkeitsstufen gezogen, bei 30, 50 und 70 % der vollen wasserfassenden Kraft des verwendeten Bodens. Dieser, ein mittlerer sandiger Lehmboden, stammte vom Versuchsfelde des Landwirtschaftlichen Instituts der Universität Halle. Seine Wasserkapizität betrug 28,5 Gewichtsprozente. Er wurde in Zinkgefäße mit seitlicher Durchlüftung gefüllt, die 25 cm hoch waren und einen Durchmesser von 25 cm besaßen. Die Oberfläche eines jeden Topfes betrug $^1/_{30}$ qm.

Da das Gefäß 8 kg Boden faßte und zunächst alle Töpfe zwecks gleichmäßiger Durchfeuchtung auf 70 % der wasserfassenden Kraft des Bodens gebracht werden sollten, so mußten jedem Gefäß 1596 gr Wasser zugegeben werden. Das Füllen wurde in der Weise vorgenommen, daß zur Durchlüftung ca. 2 kg grober Kies in das Gefäß getan wurden, so daß Topf und Kies 3,5 kg wogen. Die 8 kg Erde wurden dann in 4 Gaben zu 2 kg eingefüllt und jede Gabe mit soviel Wasser übergossen als 70 % der wasserfassenden Kraft entsprachen. Von den letzten 2 kg wurde zunächst nur 1 kg eingefüllt, sodann der Dünger mit Erde vermischt, sorg-

fältig über die ganze Oberfläche verbreitet und zum Schluß das letzte kg Erde dazugegeben. An Düngung erhielt zunächst jeder Topf

$^2/_3$ gr 18,4% Superphosphat
$^2/_3$ gr 41,8% Kali.

Strubes schlesischer Grannenweizen wurde außerdem noch bei 50% der wasserfassenden Kraft des Bodens und verschieden starker Nährstoffkonzentration gezogen. Die eine Reihe blieb daher ohne Düngung, die andere, die als Reihe mit normaler Düngung bezeichnet werden soll, ist die Reihe, die bei den verschiedenen Feuchtigkeitsstufen bereits mit angeführt ist, die letzte Reihe erhielt die doppelte Düngergabe gegenüber der normalen, also $^4/_3$ gr Superphosphat und $^4/_3$ gr Kali.

Um einen möglichst genauen Durchschnitt zu erhalten, wurden für jede Feuchtigkeitsstufe 5 Töpfe bestimmt. Es waren also insgesamt für die verschiedenen Feuchtigkeitsstufen 15 Töpfe bei einer Sorte nötig, für die drei Sorten 45 Töpfe. Dazu kommen noch die zwei Reihen Strubes schlesischer Grannenweizen 50% ungedüngt und mit doppelter Düngung zu je 5 Töpfen, das macht im ganzen also 55 Töpfe.

Es ergibt sich demnach folgende Anordnung:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Topf 1—5 | Arnautka | bei | 30% | Bodenfeuchtigk. | u. | norm. | Düng. |
| „ 6—10 | „ | „ | 50% | „ | „ | „ | „ |
| „ 11—15 | „ | „ | 70% | „ | „ | „ | „ |
| „ 16—20 | Strub. schles. | „ | 30% | „ | „ | „ | „ |
| „ 21—25 | Grannenweiz. | „ | 50% | „ | „ | „ | „ |
| „ 26—30 | „ | „ | 70% | „ | „ | „ | „ |
| „ 31—35 | Kirsch. Weiz. | „ | 30% | „ | „ | „ | „ |
| „ 36—40 | „ | „ | 50% | „ | „ | „ | „ |
| „ 41—45 | „ | „ | 70% | „ | „ | „ | „ |
| „ 46—50 | Strub. schles. | „ | 50% | „ | ungedüngt | | |
| „ 51—55 | Grannenweiz. | „ | 50% | „ | u. dopp. | Düngung. | |

Die Ergebnisse der Gefäßversuche sind in den Tabellen II, III, IV und VI niedergelegt, und zwar bezieht sich Tab. II meist auf die ermittelten physiologischen Eigenschaften, Tab. III gibt den absoluten Wasserverbrauch in den einzelnen Wochen an, Tab. IV gibt die anatomischen Verhältnisse der Blätter wieder, Tab. VI mehr die morphologischen Verhältnisse der ganzen Pflanze.

Der Weizen wurde am 2. April 1914 in die Töpfe gepflanzt, nachdem er vorher in Quarzsand angekeimt war. In jedes Gefäß kamen 13 Pflanzen, deren Verteilung so vorgenommen wurde, daß die Randpflanzen 3 cm vom Rande entfernt blieben, die Pflanzen unter sich je 4 cm. Dies wurde in der Weise erreicht, daß eine Pflanze in der Mitte zu stehen kam, die anderen 12 zu je 6 Stück in zwei conzentrischen Kreisen um dieselbe Mittelpflanze herum verteilt wurden, und zwar auf der Peripherie dieser Kreise im Abstand des Radius von einander entfernt. Gewogen wurden die Gefäße anfangs jede Woche einmal, später zweimal. Das beim Wiegen ermittelte Mindergewicht wurde durch Gießen mit Wasser wieder zugeführt und als absoluter Wasserverbrauch aufgeschrieben. Am 17. April waren die Töpfe, die 50% Bodenfeuchtigkeit fassen sollten, auf ihr bestimmtes Gewicht heruntergegangen, am 22. April diejenigen, die 30% enthalten sollten. Am 23. April wurde jeder Topf mit $^2/_3$ gr Chilesalpeter gedüngt, bezw. blieb die eine Reihe von Strubes schlesischem Grannenweizen wieder ungedüngt, die andere Reihe erhielt $^4/_3$ gr. Da der Stand der Pflanzen in der ersten Hälfte des Mai kein besonders günstiger war, wurde die Chilesalpetergabe wiederholt. Während der Entwicklung hatten die Pflanzen durch den Mehltau, Erysiphe graminis, zu leiden, der durch Bestäuben mit Schwefel bekämpft wurde. Da alle Sorten und alle Feuchtigkeitsstufen gleichmäßig und auch nicht in hohem Maße befallen waren, ist nicht anzunehmen, daß der Versuch dadurch beeinträchtigt wurde. Der Entwicklungsverlauf war sonst ein normaler. Die

Witterung war während der Wachstumszeit bezüglich der für die Verdunstung wichtigsten Faktoren folgende:

| | Mittlere Tagestemperatur °C | Mittlere relative Feuchtigkeit | Sonnenscheinstunden für den Tag |
|---|---|---|---|
| 22.—26. April | 12,0 | 50,0 | 10,00 |
| 27. April — 3. Mai | 11,2 | 54,8 | 9,43 |
| 4—10. Mai | 12,2 | 69,8 | 4,60 |
| 11—17. Mai | 10,7 | 71,5 | 5,06 |
| 18.—24. Mai | 17,4 | 61,4 | 9,98 |
| 25.—31. Mai | 9,4 | 86,1 | 1,25 |
| 1.—7. Juni | 11,5 | 70,6 | 4,75 |
| 8.—14. Juni | 17,2 | 71,8 | 7,94 |
| 15.—21. Juni | 17,7 | 66,3 | 8,05 |
| 22.—28. Juni | 16,7 | 63,7 | 9,35 |
| 29. Juni — 5. Juli | 20,2 | 68,5 | 9,59 |
| 6.—12. Juli | 19,5 | 65,4 | 9,37 |
| 13.—19. Juli | 20,7 | 75,0 | 7,38 |
| 20. Juli — 1. Aug. | 17,7 | 71,1 | 6,88 |

Die Farbe der Blätter war bei allen Sorten bei 30% dunkelgrüner als bei 70% der vollen wasserfassenden Kraft des Bodens. Bei den verschiedenen Sorten zeigte Kirsches Weizen ein tiefes sattes Grün, Arnautka war zuerst ziemlich hellgrün, bei der Reife stark blau bereift. Strubes schlesischer Grannenweizen hielt sich bezüglich der Farbe in der Mitte zwischen beiden stehend. Es war ferner bei allen Sorten festzustellen, daß ein silberglänzender Wachsstreifen auf den Blättern der trocken gehaltenen Pflanzen bis zu ungefähr $^3/_4$ der Länge des Blattes auf der Mittelrippe verlief, bei den feucht gezogenen Pflanzen ist dieser Streifen nur an der Basis des Blattes in einer Länge von 3—5 cm vorhanden. 50% Feuchtigkeit der vollen Sättigung hielt hier wieder die Mitte. In diesem Jahre (1915), in dem der Versuch mit einigen Abänderungen wiederholt wird, sind diese Wachsausscheidungen noch deutlicher. Bei 25% Feuchtigkeit der wasserfassenden Kraft finden bei allen Sorten nicht nur am

**Tabelle II.** Physiologische Ergebnisse der Gefäßversuche.

| Sorte | | Bestockung | Anzahl der Tage bis zum Schossen | Anzahl der Tage vom Schossen bis zur Reife | Gesamt-Wachstumszeit | absoluter Wasserverbrauch pro Topf insgesamt kg | Gesamternte-menge pro Topf gr | Wasserverbrauch pro gr Erntemenge | Proteïngehalt % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Arnautka | 30% | — | 67 | 39 | 106 | 8,378 | 23,0 | 364,3 | 18,5 |
| „ | 50% | — | 69 | 36 | 105 | 11,219 | 29,0 | 386,6 | 18,7 |
| „ | 70% | — | 71 | 36 | 108 | 13,080 | 31,5 | 415,2 | 18,4 |
| Strubes schles. Grannenweizen | 30% | 1,50 | 77 | 36 | 113 | 10,509 | 37,4 | 281,0 | 21,6 |
| „ | 50% | 1,72 | 78 | 35 | 113 | 14,758 | 45,4 | 325,1 | 19,7 |
| „ | 70% | 1,95 | 81 | 32 | 113 | 16,016 | 60,1 | 266,4 | 18,7 |
| Kirsches Weizen | 30% | — | — | — | 123 | 11,472 | 33,9 | 338,7 | — |
| „ | 50% | — | — | — | 119 | 15,175 | 46,2 | 328,1 | — |
| „ | 70% | — | — | — | 119 | 17,892 | 55,2 | 323,8 | — |
| Strubes schles. Grannenweizen 50% ungedüngt | | 0,88 | 79 | 34 | 113 | 13,991 | 42,2 | 331,5 | 16,0 |
| „ 50% norm. Düngung | | 1,72 | 78 | 35 | 113 | 14,758 | 45,4 | 325,1 | 19,7 |
| „ 50% dopp. Düngung | | 1,96 | 84 | 39 | 123 | 15,667 | 50,2 | 312,1 | 21,7 |

Stengel und an der Mittelrippe, sondern auch an den schwächeren Rippen II. Ordnung sich die blauen, reifartigen Wachsstreifen. Bei 50% sind sie schon weniger wahrzunehmen, bei 75% finden sie sich überhaupt nicht.

Bezüglich der Bestockung sieht man aus der Tab. II daß geringere Bodenfeuchte (30 %) bei gleichen Mengen von Nährstoffen immer noch günstiger wirkt als Mangel an Nährstoffen bei gleichen Mengen Bodenfeuchtigkeit (50 %). Bei 70 % Bodenfeuchtigkeit und bei doppelter Düngung ist die Bestockung annähernd die gleiche.

Die Sortenunterschiede äußerten sich besonders beim Schossen. Es schosste zuerst Arnautka bei 30%, bereits am 6. Juni erschienen hier die Aehren, dann am 8. Juni Arnautka 50%, bei 70% am 10. Juni. Bei Strubes schlesischem Grannenweizen erschienen die Aehren folgendermaßen: am 16. Juni bei 30%, am 17. Juni bei 50%, am 20. Juni bei 70%.

Bei Kirsches Weizen war das Erscheinen sehr unregelmäßig. Es erschienen bei 30% einige schon am 10. Juni, und zwar waren es lockere Aehren, während doch normalerweise dickkopfähnliche zu erwarten waren. In der Folge zeigte sich dann ein buntes Formengemisch, in dem vom Compactum-Typus bis zur lockeren Aehre alle Uebergänge vorhanden waren, und das wie die aufspaltende Nachkommenschaft einer Kreuzung zwischen Triticum compactum mit einem lockerährigen Weizen erschien. Alles, was sich hier über das Schossen feststellen ließ, ist, daß die Mehrzahl der Aehren bei 70% später erschienen waren als bei 30%, und zwar erschienen gewöhnlich zuerst die lockeren Aehrenformen. In der ungedüngten Reihe von Strubes schlesischem Grannenweizen wurden die Aehren sichtbar am 18. Juni, in der Reihe mit doppelter Düngung dagegen erst am 23. Juni.

Die Zahl der Tage vom Pflanzen bis zum Schossen nahm also mit zunehmender Bodenfeuchtigkeit zu, die Zahl der Tage vom Schossen bis zur Reife nimmt dagegen ab, sodaß sich für die Gesamtvegetationsdauer bei Arnautka einige Tage Unterschied, bei Strubes schlesischem Weizen gar kein

Unterschied ergibt. Nimmt man bei beiden Sorten das Mittel, so zeigt sich, daß bei Strubes schlesischem Grannenweizen das Schossen 10 Tage später eintrat. Vom Schossen bis zur Reife dagegen brauchte der Arnautka im Mittel 37 Tage, Strubes Weizen dagegen nur 34,3 Tage.

Bei Kirsches Sommerweizen reifte die Reihe mit 30% Bodenfeuchtigkeit 4 Tage später als bei 50 und 70%. In den verschieden gedüngten Reihen mit Strubes schlesischem Grannenweizen nimmt die Zahl der Tage bis zum Schossen von ungedüngt zu normaler Düngung um 1 Tag ab, um dann bei der doppelten Düngung wieder um 6 Tage gegenüber der normalen Düngung zuzunehmen. Die Zahl der Tage vom Schossen bis zur Reife jedoch nimmt ständig von ungedüngt nach doppelter Düngung hin zu, sodaß hier die Reife bei ungedüngt und normaler Düngung zu gleicher Zeit eintrat, bei der doppelten Düngung sich dagegen um 10 Tage verzögerte. Diese starke Verzögerung ist ohne Zweifel auf die erwähnte doppelte Chilesalpetergabe mit zurückzuführen, durch die der Stickstoff gegenüber der Phosphorsäure und dem Kali ins Uebergewicht kam.

Vergleicht man die drei Sorten miteinander, so sieht man, daß ihre Entwicklungsgeschwindigkeit eine gänzlich verschiedene ist. Am schnellsten schosst und reift der kontinentale Arnautka, dadurch seine Herkunft verratend, am langsamsten entwickelt sich Kirsches Weizen, der darin dem Weizen des Seeklimas gleicht. Strubes schlesischer Grannenweizen mit seiner Herkunft und hauptsächlichsten Verbreitung im östlichen Deutschland nimmt hierin wieder eine Mittelstellung ein. Es bestätigt sich also auch hier, was Schneider[33] bei seinen Studien „über den Entwicklungsrythmus bei Fruchtständen von Getreide“ fand: „Der Entwicklungsrythmus steht im Einklang mit dem Klimaverlauf der Gegend, in der die betreffende Sorte ihre Heimat hat, d. h. wo sie die günstigsten Lebensbedingungen findet.“ Innerhalb der einzelnen Feuchtigkeitsstufen ist es bemerkenswert, daß Arnautka die Neigung zeigte, mit zunehmender Bodenfeuchtigkeit seine Wachstumsdauer zu verlängern, Kirsches Weizen dagegen sich umgekehrt zu verhalten scheitn.

### 2. Der absolute Wasserverbrauch.

Sahen wir bei den 3 untersuchten Sorten, daß Herkunft und Entwicklungsverlauf in Beziehung stehen, so ist aus Tab. II Spalte 4 ersichtlich, daß beide mit dem absoluten Wasserverbrauch eng zusammenhängen. Die Zahlen für diesen sind die Endsummen des Wasserverbrauches während der einzelnen Wochen, der in Tab. III zusammengestellt ist. Innerhalb derselben Sorte steigt der Wasserverbrauch von geringer zu größerer Bodenfeuchtigkeit ziemlich stark. Das Gleiche ist der Fall von ungedüngt zu doppelter Düngung, nur ist die Steigerung hier nicht so groß.

Die Herabsetzung der Verdunstung auf trockenem Boden ist von Jost[14] folgendermaßen erklärt: „Ein trockener Boden hemmt die Transpiration dadurch, daß er die Pflanze an der Wasseraufnahme hindert; durch den mangelnden Wassernachschub konzentrieren sich die Zellsäfte in den transpirierenden Organen und geben dann weniger leicht Wasser an die Luft ab.“ In unserem Falle kommt selbstverständlich auch noch die Verkleinerung der gesamten verdunstenden Oberfläche in Betracht.

Vergleicht man die drei Sorten miteinander, so bestätigen sie die Erwartungen, die in dieser Beziehung an sie gestellt wurden. Arnautka hat am wenigsten Wasser zur Vollendung seines Entwicklungskreislaufes gebraucht, Kirsches Weizen am meisten, Strubes schlesischer Grannenweizen hielt sich in der Mitte, wenn auch mehr zu Kirsches Weizen neigend.

### 3. Der relative Wasserverbrauch.

Es genügt jedoch nicht, daß wir allein den absoluten Wasserverbrauch einer Sorte ins Auge fassen, wenn wir ihren Wasserhaushalt betrachten. Wir müssen auch untersuchen, was sie mit dieser Wassermenge geleistet hat, wieviel gr Wasser sie zur Produktion von 1 gr organischer Substanz verbraucht hat. In diesem Falle wurde nur die oberirdisch erzeugte Menge berücksichtigt und als Erntemenge bezeichnet.

**Tabelle III.** Der absolute Wasserverbrauch der Versuchspflanzen in den einzelnen Wochen.

| | Arnautka | | | Strubes schlesischer Grannenweizen | | | Kirsches Weizen | | | Strubes schles. Grann.-Weizen ungedüngt | Strubes schles. Grann.-Weizen dopp. Düng. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 30 % gr | 50 % gr | 70 % gr | 30 % gr | 50 % gr | 70 % gr | 30 % gr | 50 % gr | 70 % gr | gr | gr |
| 22.—26. April | 554 | 663 | 658 | 534 | 681 | 754 | 582 | 656 | 663 | 616 | 650 |
| 27. April — 3. Mai | 739 | 979 | 1000 | 695 | 1029 | 1099 | 713 | 975 | 1015 | 909 | 716 |
| 4.—10. Mai | 517 | 733 | 704 | 561 | 738 | 718 | 560 | 714 | 748 | 613 | 602 |
| 11.—17. Mai | 637 | 1064 | 837 | 691 | 893 | 911 | 599 | 778 | 920 | 752 | 753 |
| 18.—24. Mai | 1070 | 1669 | 1769 | 1169 | 1723 | 1805 | 1139 | 1551 | 2015 | 1551 | 1411 |
| 25.—31. Mai | 369 | 521 | 587 | 402 | 623 | 678 | 400 | 595 | 713 | 528 | 449 |
| 1.—7. Juni | 412 | 594 | 704 | 562 | 850 | 1074 | 492 | 709 | 810 | 698 | 640 |
| 8.—14. Juni | 722 | 985 | 1312 | 923 | 1268 | 1399 | 914 | 1368 | 1601 | 1306 | 1288 |
| 15.—21. Juni | 658 | 930 | 1228 | 801 | 1214 | 1291 | 778 | 1175 | 1562 | 1179 | 1156 |
| 22.—28. Juni | 909 | 1270 | 1443 | 1080 | 1540 | 1688 | 1301 | 1692 | 1982 | 1673 | 1767 |
| 29. Juni — 5. Juli | 1040 | 1260 | 1540 | 1258 | 1699 | 1791 | 1347 | 1807 | 2113 | 1845 | 2112 |
| 6.—12. Juli | 603 | 551 | 993 | 883 | 1226 | 1338 | 990 | 1236 | 1581 | 1119 | 1545 |
| 13.—19. Juli | 148 | | 305 | 824 | 1098 | 1245 | 1072 | 1281 | 1528 | 1026 | 1670 |
| 20. Juli — 1. August | | | | 126 | 176 | 225 | 585 | 638 | 641 | 176 | 908 |
| Summa | 8378 | 11219 | 13080 | 10509 | 14758 | 16016 | 11472 | 15175 | 17892 | 13991 | 15667 |

Der Wasserverbrauch pro gr Erntemenge wurde dann berechnet, indem der absolute Wasserverbrauch durch die in lufttrocknem Zustande gewogene Erntemenge (Sp. 5) dividiert wurde.

Bei den verschiedenen Feuchtigkeitsstufen fällt hier am meisten das entgegengesetzte Verhalten von Arnautka und Kirsches Weizen ins Auge. Arnautka geht am sparsamsten mit dem Wasser um bei 30%, sein Wasserbedarf pro gr Erntemenge steigt bei zunehmender Bodenfeuchtigkeit, während Kirsches Weizen bei 70% am günstigsten produziert und sein Wasserbedarf im Verhältnis zur Erntemenge steigt bei abnehmender Bodenfeuchtigkeit. Man könnte daraus folgern, daß jede Sorte bei der Bodenfeuchtigkeit am sparsamsten das Wasser verbraucht, die ihrer Herkunft und den gewohnten Lebensbedingungen entspricht. Bei dem Arnautka sieht man auch aus den Erntemengen, daß diese Sorte im Gegensatz zu den beiden anderen Sorten sich gegen größere Wassermengen im Boden ziemlich indifferent verhält. Die Erntemenge steigt zunächst noch von 30 auf 50% noch um einige gr, von 50% auf 70% ist die Zunahme nur eine sehr geringe. Bei Strubes schlesischem Grannenweizen zeigt sich keine Regelmäßigkeit im Wasserverbrauch pro gr Erntemenge. Bei 50% hat er am meisten Wasser für die Erzeugung von 1 gr Erntemenge gebraucht, bedeutend weniger bei 30%, am wenigsten bei 70%. Wie es scheint, liegen hier die abweichenden Zahlen bei 30 und 70% Bodenfeuchtigkeit, denn die Reihe ungedüngt und doppelte Düngung ergeben mit der von 50% Bodenfeuchtigkeit wieder eine Gesetzmäßigkeit. Bei den Reihen mit verschiedener Stärke der Düngung ergibt sich die schon länger bekannte Tatsache, daß stärker gedüngte Pflanzen weniger Wasser verdunsten als schwächer gedüngte im Verhältnis zur erzeugten organischen Substanz.

Vergleicht man die 3 Sorten untereinander etwa bei der mittleren Bodenfeuchtigkeit, so ist nach der Tabelle festzustellen, daß am meisten Wasser zur Erzeugung von 1 gr Erntemenge der Arnautka gebrauchte, es folgte dann Kirsches

Weizen; am wenigsten, aber nicht viel weniger als Kirsches Weizen, gebrauchte Strubes schlesischer Grannenweizen.

Daß aber aus diesen in einem Jahre gewonnenen Zahlen nur sehr vorsichtig Schlüsse zu ziehen sind für den Vergleich des Wasserverbrauchs der drei Sorten, lehren uns die Erfahrungen von Remy.[26] Er nennt den Wasserverbrauch für 1 gr Erntemenge den spezifischen Wasserbedarf. Bei seinen Untersuchungen über den Wasserhaushalt von Hannah-, Chevallier- und Goldthorpe-Gerste kam er im Jahre 1898 zu folgendem Ergebnis. Der spezifische Wasserbedarf betrug für

| | |
|---|---|
| Hannah-Gerste | 300 gr |
| Chevallier-Gerste | 383 gr |
| Goldthorpe-Gerste | 426 gr |

Im Jahre 1899 fanden sich jedoch diese Unterschiede nicht, und im Jahre 1900 fand sogar für Hannah und Goldthorpe eine Umkehrung der Zahlen statt. Remy sagt darüber: „Die Erklärung dieser Widersprüche liegt darin, daß der für die Gewichtseinheit Ernte erforderliche Wasserbedarf mit jedem gr Mehrertrag an Gerste um 1,5 gr abnimmt. Je nachdem nun diese oder jene Sorte im Ertrage überwiegt, schwanken die Wasserbedarfszahlen."

Wie uns die Versuche von Seelhorst[37] und seinen Schülern zeigen, besteht kein Parallelismus zwischen Trockensubstanzproduktion und Wasserverbrauch. Es kann also, wenn die äußeren Bedingungen - z. B. hohe Temperatur - derartige sind, daß die Verdunstung eine große ist, eine große Menge Wasser die Pflanzen passieren, ohne daß eine entsprechende Zunahme von organischer Substanz erfolgt. Demnach muß es ein Optimum der äußeren Bedingungen der Transpiration geben, bei welchem bei relativ geringem Wasserverbrauch eine möglichst große Zunahme von organischer Substanz bewirkt wird. Je nachdem nun im Verlaufe der Vegetation die Witterung — also jene äußeren Bedingungen — sich mehr oder weniger dem Optimum nähern, desto geringer oder größer wird der spezifische Wasserbedarf

sein. Mit dieser Ansicht stimmt folgende Aeußerung Sorauer's[42] überein: „Unter optimalen Produktionsverhältnissen ist die absolute Verdunstungsmenge zwar groß (der allgemeine Stoffumsatz ist ebenfalls groß), aber die relative, auf das gr neugebildeter Trockensubstanz bezogene Wasserabgabe sehr klein."

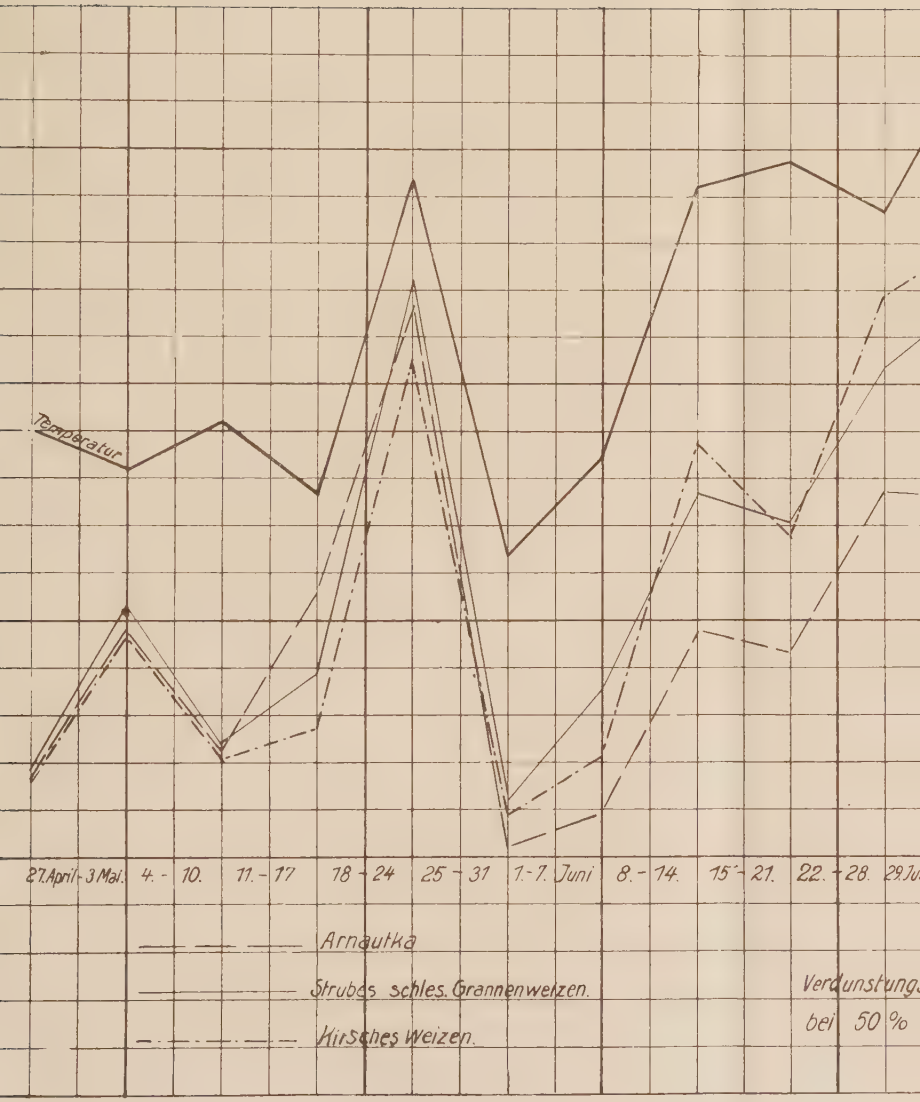
Kommt z. B. eine hochgezüchtete Sorte des Seeklimas in ein Kontinentalklima, so wirkt hier auf sie eine höhere Temperatur und infolge ihrer langsamen Entwicklung im ganzen eine größere Wärmesumme ein. Sie wird also hier mehr Wasser verbrauchen als dort, ohne daß es ihr wahrscheinlich gelingt, so viel organische Substanz zu erzeugen, wie eine dem Kontinentalklima angepaßte Sorte. Ihr spezifischer Wasserverbrauch wird dann ein höherer sein als in ihrer Heimat.

Es ist nun auch nicht erwiesen, das alle Sorten gleichmäßig in den Gefäßen Lebensbedingungen vorfinden, die ihnen die gewohnte Entwicklung sicherstellen. So deutet der verschiedene anatomische Bau der Blätter der Versuchspflanzen, verglichen mit den im freien Lande gewachsenen, darauf hin, daß die Pflanzen sich unter anderen Verhältnissen befanden. Aber während der anatomische Bau der Blätter bei Arnautka und Strubes schlesischem Grannenweizen insofern wenigstens noch ein normaler zu nennen ist, als sich die Verschiedenheiten hier nur auf die Größe und Anzahl pro qmm der untersuchten anatomischen Elemente beziehen, sind bei Kirsches Weizen direkte Mißbildungen festzustellen. Schon Seite 21 wurde erwähnt, daß bei diesem die verkümmerten Spaltöffnungen am häufigsten auftraten. Ferner erschien das Gewebe hier häufig gestaucht, die Gefäßbündel waren krumm verlaufend, Epidermiszellen und Spaltöffnungen verkürzt, die Mesophyllzellen standen dicht gedrängt beieinander, sie waren abgeplattet, sodaß sie nicht rund, sondern polygonal erschienen. Im ökonomisch-botanischen Garten des Instituts gewachsene Pflanzen von Kirsches Weizen zeigten diese Mißbildungen nicht. Auch diese Tatsache läßt es ratsam erscheinen, aus

dem Wasserverbrauch pro gr Erntemenge für den Vergleich verschiedener Sorten nur sehr vorsichtig Schlüsse zu ziehen.

### 4. Die zeitliche Verteilung des Wasserverbrauchs und die Zeit des Hauptbedarfes.

Von großer Wichtigkeit für den Wasserverbrauch einer Sorte ist es schließlich, festzustellen, wie sich der Wasserverbrauch über die ganze Vegetationszeit verteilt und in welche Zeit der Hauptwasserbedarf fällt. Für die vorliegenden drei Sorten ist dies in den Kurven auf nebenstehendem Blatt dargestellt und zwar bei der mittleren Bodenfeuchtigkeit. Die Kurve des Wasserverbrauchs für Arnautka ist mit unterbrochener Linie, für Strubes schlesischen Grannenweizen mit voller feiner Linie, für Kirsches Weizen mit Punkten unterbrochener Linie, eingezeichnet. Die schwarze Kurve über diesen Dreien ist die Temperaturkurve. Man sieht vor allem deutlich die Abhängigkeit des Wasserverbrauches von der Temperatur. Die Unterschiede zwischen den drei Sorten sind zuerst nicht erheblich, doch schon vom 11. Mai ab werden sie deutlicher. In der Zeit vom 11.—25. Mai steht mit dem größten Wasserverbrauch an erster Stelle Arnautka, es folgt Strubes Weizen, und den geringsten Wasserverbrauch hat Kirsches Weizen. Es ist diese Reihenfolge also eine Umkehrung des Endergebnisses. Nach der großen Temperaturerniedrigung und damit Erniedrigung des Wasserverbrauchs vom 25.—31. Mai ändert sich dann das Bild. In der Zeit vom 1.—14. Juni steht an letzter Stelle der Arnautka, der diese Stellung bis zum Schluß beibehält; es folgt dann Kirsches Weizen, und den größten Wasserverbrauch zu dieser Zeit hat Strubes schlesischer Grannenweizen. Bald jedoch gewinnt Kirsches Weizen die Oberhand, und die Reihenfolge ist dann ungefähr vom 10. Juni ab bis zum Schluß: Kirsches Weizen, Strubes schlesischer Grannenweizen, Arnautka. Es fällt also der größte Wasserbedarf bei Arnautka hauptsächlich in den Mai, für Strubes Weizen in den Juni, für Kirsche in


Temperatur
27.April-3.Mai.
4.-10.
11.-17
18-24
25-31
1.-7. Juni
8.-14.
15-21.
22.-28.
29.Ju
Arnautka
Strubes schles. Grannenweizen.
Kirsches Weizen.
Verdunstung
bei 50 %

den Juli, wie es auch aus der folgenden Zusammenstellung hervorgeht, in der der Wasserverbrauch in gr nach Monaten angegeben ist.

| | Arnautka | Schlesischer Weizen | Kirsches Weizen |
|---|---|---|---|
| 22. April — 3. Mai | 1642 | 1710 | 1631 |
| 4.—31. Mai | 3987 | 3977 | 3638 |
| 1.—28. Juni | 3779 | 4872 | 4944 |
| 29. Juni — 1. Aug. | 1811 | 4199 | 4962 |

Es ist klar, daß die Entwicklungsgeschwindigkeit hierbei ausschlaggebend ist. Der Hauptwasserbedarf der Sorten mit schneller Entwicklung und kurzer Vegetationszeit liegt mehr in der ersten, der mit langsamer Entwicklung und langer Vegetationszeit mehr in der zweiten Hälfte der Vegetation. Der Vorteil ist natürlich für die in freiem Felde wachsenden Pflanzen der, das den ersteren für ihren Hauptbedarf an Wasser noch mehr die Winterfeuchtigkeit zu Gebote steht, wie dies auch aus der Praxis und der Literatur genügend bekannt ist. Aber noch ein anderer Vorteil ist mit dem schnelleren Entwicklungsrythmus verbunden, der sonst nicht genügend beachtet wird. Es ist der, daß die Pflanze in der Zeit kein so großes Wasserbedürfnis mehr hat — weil sie ihr Wachstum eingestellt hat und in der Reife begriffen ist —, in der einerseits die äußeren Bedingungen der Transpiration, vor allem die Temperatur, derartige geworden sind, daß sie eine stärkere Verdunstung zur Folge haben, andererseits der Wasservorrat im Boden schon mehr oder weniger erschöpft ist. Es ist dies auch aus den Kurven ersichtlich. In der Woche vom 29. Juni bis 5. Juli findet ein starkes Ansteigen der Temperatur statt. Bei Kirsches und Strubes Weizen äußert sich dies in einem Ansteigen der Verdunstungskurve; Arnautka dagegen reagiert nicht mehr darauf, die Kurve fällt etwas. Dasselbe ist der Fall in der Woche vom 13.—19. Juli. Auch hier findet wieder ein Ansteigen der Temperatur statt, das nur noch bei Kirsche eine kleine Vermehrung der

Verdunstung zur Folge hat, während der schlesische Grannenweizen gar nicht mehr beeinflußt wird.

Der große Wasserbedarf der anspruchsvollen Sorten mit langer Vegetationsdauer beruht also nicht nur auf der längeren Dauer des Wachstums und damit des Wasserverbrauches, sondern auch darauf, daß ihre Hauptentwicklung in die Monate fällt, in denen die äußeren Bedingungen der Transpiration einen größeren Wasserverbrauch bewirken. Diese Tatsache fällt besonders ins Gewicht in einem Klima, bei dem in der zweiten Hälfte der Vegetation die Temperatur und dementsprechend die Verdunstung eine große, die zur Verfügung stehenden Wassermengen dagegen knapp sind, also im Kontinentalklima. So berichtet von Rümker,[27] daß er auf dem Versuchsfelde in Rosental bei Breslau die Beobachtung machte, daß in dürren Jahren Noë und roter Schlanstedter, also Sommerweizen mit langer Vegetation, nicht ausschossen konnten und daher Mißernten lieferten. Unsere drei untersuchten Sorten zeigen inbezug auf die Abstufung der Entwicklungsgeschwindigkeit und der Hauptbedarfszeit für Wasser deutlich die Anpaßung an das Klima ihrer Herkunft. In diesem Zusammenhang wird es nicht ohne Bedeutung sein, daran zu erinnern, daß Arnautka und Strubes Grannenweizen die Zeit vom Schossen bis zur Reife verschieden schnell durchlaufen haben, und zwar gebrauchte der Arnautka ungefähr drei Tage länger dazu. Daß dies nicht etwas Zufälliges ist, zeigt uns die folgende Zusammenstellung von Edler[2]. Danach betrug die Zeit vom Schossen bis zur Reife bei:

| | | |
|---|---|---|
| Idener Sommerweizen | 50,3 | Tage |
| Noë | 52,0 | „ |
| Lupitzer Sandweizen | 52,3 | „ |
| Rotem Schlanstedter | 52,6 | „ |
| Galizischem Kolben | 52,9 | „ |
| Strubes Grannen | 55,5 | „ |

Aus den Arbeiten der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft Heft 223[3] berechne ich folgende Zahlen für die Zeitdauer vom Schossen bis zur Reife:

| | |
|---|---|
| Roter Schlanstedter | 51 Tage |
| Blaue Dame | 51 „ |
| Strubes Grannen | 54 „ |

Strubes Grannen gebrauchte demnach für die Zeit seines Entwicklungsverlaufes ungefähr 3—5 Tage mehr als die Sorten, die ihre Heimat mehr im westlichen Deutschland haben. Berücksichtigt man, daß der kontinentale Arnautka noch 3 Tage mehr gebrauchte als Strubes Grannen, so ist auch darin die Anpassung an das Klima nicht zu verkennen, nämlich das Bestreben, die Hauptentwicklung, das Schossen, in eine möglichst frühe Zeit des Wachstums zu verlegen und dann dafür, um die normale Ausbildung des Kornes sicherzustellen, die Zeit der Reife zu verlängern, in der aber der Wasserverbrauch kein so großer mehr ist. Letzteres muß freilich vorläufig noch eine Vermutung bleiben, solange nicht genauere Beobachtungen über den Entwicklungsverlauf des Getreides vorliegen. Auf die Wichtigkeit dieser Beobachtungen hat besonders Schmidt[32] hingewiesen. Auffällig ist es übrigens, daß Strubes Grannen in den Gefäßen vom Schossen bis zur Reife 34,3 Tage gebraucht hat, im freien Felde dagegen 54 bezw. 55,4 Tage. Die gesamte Vegetationszeit betrug im letzteren Falle nach Edler[3] 136,3 Tage, in den Gefäßen dagegen nur 113 Tage. Von der Saat bis zum Schossen gebrauchte er 80,9 Tage im freien Felde, in den Gefäßen vom Pflanzen bis zum Schossen 79 Tage, also annähernd dieselbe Zeit. Die erheblich kürzere Vegetationszeit in den Gefäßen erreicht er demnach hauptsächlich durch die Verkürzung der Zeit vom Schossen bis zur Reife.

Der Proteïngehalt der Körner der verschiedenen Feuchtigkeitsstufen zeigt bei Arnautka wieder die Indifferenz gegenüber größerem Feuchtigkeitsgehalt des Bodens, die schon bei der Erntemenge festgestellt wurde. Er veränderte sich nicht. Bei dem schlesischen Grannenweizen dagegen, der sehr lebhaft auf die Bodenfeuchtigkeit reagierte, nimmt der Proteingehalt mit steigender Bodenfeuchtigkeit ab. Mit

steigender Stärke der Düngung nimmt bei diesem Weizen der Proteïngehalt zu, sicherlich eine Folge der doppelten Salpetergabe.

### 5. Der anatomische Bau der Blätter der in Gefässen gezogenen Versuchspflanzen.

Nach den Betrachtungen über den Gesamtwasserhaushalt gilt es nun, zu untersuchen, wie sich der anatomische Bau der Blätter der drei Sorten bei den verschiedenen Feuchtigkeitsstufen verändert und wie er sich zu dem Wasserverbrauch verhält. Die Ergebnisse dieser Messungen sind in Tabelle IV Seite 53 niedergelegt. Es sei daran erinnert, daß diese Messungen sämtlich am zweitobersten Blatt vorgenommen wurden. Die Untersuchungen von Kirsches Weizen haben nun kein genügendes Ergebnis geliefert, im Gegensatz zu den beiden anderen Sorten. Die Gründe, die dies — vielleicht — verursacht haben, sind schon erwähnt worden. Einmal kann daran Schuld tragen die Verschiedenartigkeit der Typen, andererseits auch die geschilderten Schädigungen, die diese Sorte in den Gefäßen erlitt. In diesem Jahre wurde der Versuch wiederholt, und an die Stelle von Kirsches Weizen traten zwei andere Sorten. Es sind in der Tabelle IV die gefundenen Zahlen für Kirsches Weizen mit angeführt, doch sollen sie bei der Betrachtung nicht berücksichtigt werden.

Die Tabelle zeigt, daß Blattlänge und Blattbreite mit steigender Bodenfeuchtigkeit zunehmen; im Verhältnis nimmt jedoch die Blattlänge mehr zu, und zwar bei Strubes schlesischem Grannenweizen in höherem Maße als beim Arnautka. Bei diesem beträgt die Zunahme der Blattbreite, wenn die Bodenfeuchtigkeit von 30 auf 70% der vollen Sättigung stieg, 0,22 cm, bei jenem dagegen nur 0,07 cm. Die Blattdicke zeigt auch hier keine Veränderung. Die Anzahl der Spaltöffnungen auf dem qmm nimmt mit zunehmender Bodenfeuchtigkeit ab, sowohl auf der Oberseite als auch auf der Unterseite, doch hier nicht so schnell, wie die Differenz von 30% — 70% zeigt:

**Tabelle IV.** Der anatomische Bau der Blätter der in Gefäßen gezogenen Pflanzen.

| Sorte | | Blatt- | | | Anzahl der Spaltöffnung. pro qmm | | Größe der Spalt-öffnungen | Durchmesser der Meso-phyllzellen | Anzahl der Gefäßbündel | Gefäß-bündeldichte | Anzahl der Haarzellen pro qmm | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | länge | breite | dicke | Ober-seite | Unter-seite | | | | | Ober-seite | Unter-seite |
| | | cm | cm | mm | | | μ | μ | | | | |
| Arnautka | 30% | 21,6 | 0,96 | 0,203 | 74,7 | 63,4 | 49,4 | 15,7 | 41,3 | 43,0 | 0 | 0 |
| „ | 50% | 24,9 | 1,07 | 0,204 | 72,3 | 63,6 | 50,4 | — | 45,8 | 42,8 | 0 | 0 |
| „ | 70% | 29,6 | 1,18 | 0,204 | 67,7 | 59,7 | 54,0 | 19,4 | 47,4 | 40,2 | 0 | 0 |
| Strubes schles. Grannen-weizen | 30% | 23,8 | 1,03 | 0,199 | 73,1 | 52,2 | 57,3 | 17,8 | 41,8 | 40,6 | 17,7 | 0 |
| | 50% | 27,0 | 1,07 | 0,199 | 67,3 | 51,8 | 59,1 | 18,7 | 44,3 | 41,4 | 17,1 | 0 |
| „ | 70% | 33,1 | 1,10 | 0,198 | 60,6 | 49,7 | 64,6 | 23,2 | 46,4 | 42,2 | 16,1 | 0 |
| Kirsches Weizen | 30% | 20,8 | 1,05 | 0,214 | 68,4 | 56,0 | 60,5 | — | 42,5 | 40,5 | — | — |
| „ „ | 50% | 25,2 | 1,17 | 0,205 | 64,0 | 54,9 | 60,6 | — | 47,7 | 40,8 | — | — |
| „ „ | 70% | 25,4 | 1,21 | 0,206 | 67,1 | 54,8 | 59,9 | — | 49,1 | 40,6 | — | — |
| Strubes schles. Grann. | ungedüngt | 31,2 | 1,12 | 0,187 | 68,2 | 53,8 | 60,1 | — | 46,5 | 41,5 | 20,0 | 0 |
| „ „ „ | norm. Dg. | 27,0 | 1,07 | 0,199 | 67,3 | 51,8 | 59,1 | — | 44,3 | 41,4 | 17,1 | 0 |
| „ „ „ | dopp. Dg. | 33,9 | 1,11 | 0,199 | 60,7 | 49,4 | 64,4 | — | 45,6 | 41,1 | 15,8 | 0 |

| | Oberseite | Unterseite |
|---|---|---|
| Arnautka | 7,0 | 3,7 |
| Strubes Weizen | 12,5 | 2,5. |

Also auch hier wieder das an den verschiedenen Blättern derselben Pflanze beobachtete Verhalten, daß die Unterseite sich inbezug auf die Anzahl der Spaltöffnungen constanter erweist als die Oberseite. Und auch hier wie dort geht mit der Abnahme der Zahl der Spaltöffnungen die Vergrößerung derselben Hand in Hand. Auch der Durchmesser der Mesophyllzellen verhält sich ebenso; er nimmt zu mit zunehmender Bodenfeuchtigkeit. Zusammenfassend kann man also sagen, daß mit steigender Bodenfeuchtigkeit die Zellgröße zunimmt; folglich muß die Zahl der Zellen auf der Flächeneinheit abnehmen, wie dies an der Abnahme der Anzahl der Spaltöffnungen festzustellen ist. Dies ist auch verständlich, wenn man bedenkt, daß nicht nur die Spaltöffnungen an Länge zunehmen, sondern auch die Epidermiszellen und demnach auch die die Spaltöffnungen trennenden Epidermiszellen. Dadurch werden die Spaltöffnung weiter auseinandergerückt und bei der Zählung auf einer bestimmten Fläche ergeben sich dann weniger. Man sieht hieraus, daß die Weizenpflanze nicht imstande ist, etwa bei größerer Bodenfeuchtigkeit mehr Spaltöffnungen auf einer bestimmten Fläche einzuschalten. Ferner ergibt sich, daß die Längenzunahme der Blätter zum Teil auf der Vergrößerung der sie zusammensetzenden Zellen beruht.

Die Anzahl der Gefäßbündel nimmt bei zunehmender Bodenfeuchtigkeit entsprechend der größeren Breite des Blattes zu, nicht so die Gefäßbündeldichte. Hierin zeigen die beiden Sorten ein entgegengesetztes Verhalten, das zunächst nicht weiter erklärt werden kann. Während bei Arnautka die Gefäßbündeldichte bei größerem Wasserreichtum und größerer Zelldimension abnimmt, wie dies nach Analogie der unteren Blätter nicht anders zu erwarten ist, nimmt sie bei Strubes schlesischem Grannenweizen zu.

Die Haarzellen zeigen dasselbe Verhalten wie die übrigen

Epidermiszellen; ihre Anzahl pro qmm nimmt ab bei größerem Wassergehalt des Bodens. Auch in der Länge der Haare wurden keine Unterschiede bemerkt. Dem Arnautka fehlen die Haarzellen vollkommen.

Zu demselben Ergebnis bezüglich der Anzahl und Größe der Spaltöffnungen, Breite des Blattes und Anzahl der Rippen ist auch Sorauer[39] bei der Gerste gekommen. Aus seinen Messungen ist folgendes zusammengestellt:

| Boden-feuchtigkeit | Blatt-breite mm | Anzahl der Spalt-öffnungen pro qmm | Größe der Spalt-öffnungen | Anzahl der Rippen | Anzahl d. Rippen auf mm Breite |
|---|---|---|---|---|---|
| 10 % | 5,6 | 74,54 | 40,5 | 24,0 | 4,30 |
| 20 % | 6,87 | 59,1 | 42,25 | 27,8 | 4,05 |
| 40 % | 9,1 | 49,9 | 45,0 | 31,3 | 3,44 |
| 60 % | 9,4 | 47,9 | 48,25 | 32,4 | 3,44 |

Es ist demnach anzunehmen, daß diese Verhältnisse nicht nur für Gerste und Weizen, sondern auch für die übrigen Halmgetreide ihre Geltung haben.

### 6. Der anatomische Bau der Blätter und der Wasserverbrauch.

Ueberraschend mag es sein, daß bei Pflanzen, die in höherer Bodenfeuchtigkeit gewachsen waren, die Anzahl der Spaltöffnungen auf der Flächeneinheit abnimmt. Wenn man zunächst annehmen will, daß bei geringer Anzahl von Spaltöffnungen auch weniger Wasser verdunstet wird, so mußte demnach auf der Flächeneinheit bei Pflanzen von niedrigerer Feuchtigkeitsstufe mehr Wasser verdunstet worden sein als bei Pflanzen, die in höherer Bodenfeuchtigkeit gezogen waren, denn die letzteren hatten eine geringe Anzahl von Spaltöffnungen aufzuweisen. Bevor dies weiter untersucht werden soll, sei zunächst einmal festgestellt, ob man überhaupt berechtigt ist, anzunehmen, daß die Zahl der Spaltöffnungen und die Größe der Verdunstung in Beziehung stehen.

Tschirch[47] sagt in seinem Buche: „Die Zahl der Spaltöffnungen wechselt außerordentlich und scheint in Beziehung zu dem Standorte zu stehen.“

Er gibt dann eine Tabelle (die in Tab. Va wiedergegeben ist), aus der dies hervorgehen soll.

**Tabelle Va.**

| Name | Standort | Anzahl der Spaltöffnungen auf dem qmm | |
|---|---|---|---|
| | | Oberseite | Unterseite |
| Nymphaea alba | im Wasser | 0 | 460 |
| „ therminal | „ „ | 0 | 625 |
| Quercus robur | feuchte Wälder | 0 | 346 |
| „ pedunculata | „ „ | 0 | 288 (438) |
| Prunus domestica | Obstgärten | 0 | 253 |
| „ armeniaca | „ | 0 | 228 |
| „ cerasus | „ | 0 | 216 |
| Amygdalus persic. | „ | 0 | 186 |
| Pirus malus | „ | 0 | 246 |
| Populus pyramid. | Chausseen | 41 | 149 |
| „ nigra | „ | 20 | 115 |
| „ virginia | „ | 41 | 107 |
| Pinus silvestris | Wälder | 74 | 84 |
| „ nigricans | „ | 56 | 70 |
| Larix europaea | „ | 0 | 39 |
| Abies pectinata | „ | 0 | 98 |
| „ canad. | „ | 0 | 112 |
| Triticum sativum | Felder | 47 | 32 |
| Secale cereale | „ | 49 | 42 |
| Avena sativa | „ | 40 | 27 |
| Sedum album | steinige trockene | 49 | 25 |
| „ acre | Stellen | 21 | 14 |
| Sempervivum tect. | „ | 11 | 14 |

Weiß[51] dagegen, der eine ganze Reihe von Pflanzen auf Zahl und Größe der Spaltöffnungen untersucht hat, findet, „daß

weder die Anzahl noch die Gestalt, noch endlich die Größe der Spaltöffnungen an natürliche Familien oder den anatomischen Bau der Blätter oder endlich an die Lebensweise des Gewächses gebunden, sondern gänzlich von demselben unabhängig ist.“ Aus seinen Angaben, sowie aus anderen Arbeiten ist dann hier die Tabelle Vb zusammengestellt, die nur auf Feldern vorkommende Pflanzen enthält, also nur auf einem der verschiedenen Standorte, die Tschirch angibt. Es zeigt sich auf den ersten Blick, daß man Vertreter

**Tabelle Vb.**

| Name | Beobachter | Anzahl der Spaltöffnungen auf dem qmm | |
|---|---|---|---|
| | | Oberseite | Unterseite |
| Brassica rapa | Unger[48] | 374 | 717 |
| Phaseolus vulgaris | Kieser[14] | — | 416 |
| Trifolium pratense | Weiss[51] | 207 | 335 |
| Brassica oleracea | „ | 219 | 301 |
| Isatis tinctoria | „ | 214 | 231 |
| Solanum tuberosum | Morren[23] | 2 | 263 |
| „ „ | Schliephacke[31] | — | 280—400 |
| Humulus Lupulus | Morren[23] | 0 | 256 |
| Pisum sativum | Weiss[51] | 101 | 216 |
| Zea Mays | Krocker[20] | — | 82 |
| „ „ | Weiss[51] | 94 | 158 |
| „ „ | Hedwig[10] | — | 89 |
| Beta vulgaris | Morren[23] | 75 | 115 |
| Faba vulgaris | „ | 37 | 69 |
| Triticum sativum | „ | 47 | 32 |
| Secale cereale | Weiss[51] | 0 | 25 |
| „ „ | Morren[23] | 49 | 42 |
| Avena sativa | Krocker[20] | — | 31 |
| „ „ | Morren[23] | 40 | 27 |
| „ „ | Weiss[51] | 48 | 27 |
| Tussilago farfara | Morren[23] | 2 | 18 |

verschiedener Pflanzenfamilien in Bezug auf Anzahl der Spaltöffnungen nicht in Beziehung bringen darf zu ihren verschiedenen Standorten. Der Huflattich, der feuchten Tonboden liebt, hat ca. 20 Spaltöffnungen pro qmm, die Kartoffel dagegen ca. 300—400 auf derselben Fläche. Haberlandt[9] äußert sich zu dieser Frage folgendermaßen: „Wie der Bau, so steht auch die Menge der Spaltöffnungen in Beziehung zu der Transpirationsgröße der betreffenden Pflanzen, beziehungsweise zu ihren Standorten; allein diese Beziehungen sind offenbar weit verwickelter, als es auf den ersten Blick erscheinen möchte." „Bloß im allgemeinen läßt sich dieser Satz aufstellen, daß mit der wachsenden Trockenheit des Standortes die Zahl der Spaltöffnungen abnimmt." Nach Burgerstein[6] ist die Zahl der Spaltöffnungen für die stomatäre Verdunstung insofern von Bedeutung, „als selbstverständlich ceteris paribus durch eine größere Zahl von Spaltöffnungen eine größere Menge von Wasser austreten kann." Doch darf man in unserem Falle noch von „ceteris paribus" reden, wenn mit der Anzahl der Spaltöffnungen auch die Zahl der assimilierenden Mesophyllzellen zu- bezw. abnimmt?

Zur Bestimmung der Verdunstungsmenge auf die Flächeneinheit hat nun Kolkunoff[15] Transpirationsversuche angestellt. In Uebereinstimmung mit den Ergebnissen Sorauer's und den hier angeführten findet auch er die größere Zelldimension bei höherer Bodenfeuchtigkeit. Um eine Zahl herauszugreifen, fand er z. B. beim Elsäßer Weizen folgendes:

| | bei 60% Bodenfeuchte der vollen wasserfassenden Kraft des Bodens. | bei 25% |
|---|---|---|
| Länge der Schließzellen in $\mu$ | 83,4 | 62,0 |
| Zahl der Spaltöffnungen im Gesichtsfeld | 114,0 | 139,5 |
| Durchmesser der Mesophyllzellen | 38,8 | 22,3. |

Die Verdunstung auf der Flächeneinheit in 24 Stunden gestaltete sich dann folgendermaßen:

bei 30% 0,429 gr
bei 60% 0,510 gr

Trotz geringerer Anzahl von Spaltöffnungen wurde also von einem Blatt, das in höherer Bodenfeuchtigkeit gewachsen war, mehr Wasser von der Flächeneinheit verdunstet.

Dasselbe ergab sich auch beim Vergleich verschiedener Sorten. Es sei vorweggenommen, daß auch hier das gegensinnige Verhalten von Anzahl und Größe der Spaltöffnungen besteht. Kolkunoff benutzt daher die Länge der Spaltöffnungsschließzellen als Maßstab für die Zellgröße überhaupt. Wenn also in der nachstehenden Tabelle nur die Länge der Spaltöffnungen angeführt ist, so ist damit ohne weiteres gesagt, daß bei größerer Länge derselben weniger Spaltöffnungen vorhanden sind und umgekehrt. Die beiden angeführten Versuche sind aus einer größeren Versuchsreihe beliebig ausgewählt. Zum Versuche I war das vierte Blatt von oben, zum Versuche II das zweitoberste Blatt der beiden Sorten gewählt worden. Versuch I wurde am 15. Mai, Versuch II am 25. Mai vorgenommen, so daß man nur die Ergebnisse jedes Versuches unter sich vergleichen darf. Die Zeit, in welcher die angegebene Wassermenge verdunstet wurde, ist aus der Arbeit nicht zu ersehen.

| | | Länge der Spaltöffnungen in $\mu$ | Verdunstung pro 1 qcm Oberfläche gr |
|---|---|---|---|
| I. | Noë | 71,6 | 0,0734 |
| | Banatka | 64,7 | 0,0554 |
| II. | Noë | 66,3 | 0,0905 |
| | Banatka | 60,1 | 0,0736. |

Also auch hier wieder die geringere Verdunstung bei geringerer Zellgröße oder — was dasselbe heißt — bei größerer Anzahl von Spaltöffnungen. Kolkunoff hat nun aus der Tatsache, daß die Verdunstung bei kleinzelligen Sorten eine geringe ist, gefolgert, daß diese die Dürre im Sommer besser überstehen. Zur Züchtung solcher „xerophilen“ Sorten führte er dann eine Auslese nach der Größe der Spaltöffnungen

durch, da er diese — wie schon erwähnt — als Maßstab für Zellgröße benutzt. Hiervon wird im letzten Abschnitt noch weiter die Rede sein.

Immerhin ist uns mit der Kenntnis des Wasserverbrauchs — auf die Flächeneinheit berechnet — nicht viel geholfen für die Beurteilung des Gesamtwasserverbrauchs. Man kann zwar durch Ausmessen der gesamten Oberfläche danach die Verdunstung für die ganze Pflanze in einer bestimmten Zeit berechnen, doch gilt die Zahl dann höchstens so lange, als die äußeren Bedingungen der Transpiration dieselben sind, wie sie zur Zeit des Versuches waren. Für den Gesamtwasserverbrauch ist vielmehr — wie gezeigt wurde — entscheidend die Entwicklungsgeschwindigkeit, die — meist verknüpft mit einer Verkürzung der Vegetationsdauer — den größten Wasserbedarf der Pflanze in eine Periode verlegt, in der noch reichlich Winterfeuchtigkeit vorhanden ist und die Verdunstung infolge der niedrigeren Temperatur noch keine so große ist.

Ein Vergleich der beiden Sorten miteinander in Bezug auf die hier untersuchten Eigenschaften soll erst im nächsten Abschnitt durchgeführt werden, wenn auch noch die Ergebnisse der Messungen an anderen Sorten zur Verfügung stehen.

Mit zunehmender Stärke der Düngung ist in der Länge und Breite der Blätter keine gesetzmäßige Veränderung wahrzunehmen. Bei normaler Düngung sind die Blätter kürzer und schmaler als bei ungedüngt und doppelter Düngung. Aehnlich verhält sich übrigens der Halm, wie aus Tabelle VI Spalte 3 (Seite 61) zu sehen ist. Auch dessen Länge ist bei normaler Düngung geringer als bei ungedüngt und doppelter Düngung. Die Dicke des Blattes scheint dagegen eine Zunahme zu erfahren. Die dunklere Färbung der Blätter nach einer Stickstoffdüngung ist wohl zum Teil darauf zurückzuführen, zum Teil mag sie auch auf Vermehrung der Chloroplasten beruhen. Bezüglich der Zellgröße scheint sich steigende Düngergabe ebenso zu verhalten wie steigende Bodenfeuchtigkeit. Auch die Abnahme der Gefäßbündeldichte und die Abnahme der

**Tabelle VI.** Die morphologische Analyse der Gefäßpflanzen.

| Sorte | Halmfestigkeit | Halmdicke | Halmlänge | Länge der Internodien cm | | | | | | Grannenlänge | Halmgewicht | Aehrengewicht | Anzahl der Aehrchen | Anzahl der Körner pro Aehre | Spindellänge | Länge der Spindelglieder | 1000-Korngewicht | Anzahl der tauben Aehrchen | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | mm | cm | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | cm | gr | gr | | | cm | mm | gr | oben | unten | Summa |
| Arnautka 30% | 13,8 | 2,08 | 81,2 | 0,6 | 4,5 | 8,5 | 11,2 | 17,0 | 39,4 | 8,5 | — | 0,71 | 15,2 | 15,4 | 4,95 | 3,26 | 34,5 | — | — | — |
| „ 50% | 26,4 | 2,20 | 83,5 | 1,5 | 6,1 | 8,7 | 14,3 | 17,5 | 35,4 | 8,7 | — | 0 54 | 16 9 | 20,2 | 5,07 | 3,00 | 28,6 | — | — | — |
| „ 70% | 39,0 | 2,19 | 96,9 | 1,2 | 7,5 | 10,8 | 16,1 | 19,2 | 42,1 | 11,3 | — | 0,76 | 17,9 | 26,0 | 5,31 | 2,97 | 26,6 | — | — | — |
| Strubes schles. 30% | 81,5 | 2,55 | 76,8 | 1,2 | 6,1 | 8,8 | 16,1 | 16,2 | 28,4 | 5,1 | 2,14 | 0,94 | 17,3 | 17,4 | 9,29 | 5,37 | 42.0 | 3,2 | 3,3 | 6,5 |
| Grannenweizen 50% | 92,4 | 2,67 | 88,2 | 1,2 | 5,8 | 10,0 | 18,2 | 17,4 | 35,5 | 6,0 | 2,90 | 1,31 | 19 6 | 23,8 | 10,36 | 5,33 | 40,2 | 2,3 | 3,5 | 5,8 |
| „ 70% | 99,6 | 2,71 | 94,8 | 1,4 | 6,4 | 11,5 | 17,8 | 16,9 | 40,8 | 6,4 | 3,36 | 1,31 | 21,1 | 23,2 | 10,13 | 4,79 | 39,1 | 3,0 | 3,6 | 6,6 |
| Str. schles. ungedüngt | 112,9 | 2,53 | 93,1 | 1,3 | 7,2 | 9,3 | 16,5 | 17,7 | 41,1 | 5,7 | 2,54 | — | 19,3 | — | 9,55 | 5,00 | 38,8 | 1,6 | 3,9 | 5,5 |
| Grannenw. norm. Dg. | 92,4 | 2,67 | 88,2 | 1,2 | 5,8 | 10,0 | 18,2 | 17,4 | 35,5 | 6,0 | 2,90 | 1,31 | 19,6 | 23,8 | 10,36 | 5,30 | 40,2 | 2,3 | 3,5 | 5,8 |
| „ dopp. Dg. | 85,7 | 2,70 | 92,4 | 1,2 | 5,1 | 10,2 | 14,8 | 16,3 | 44,8 | 6,2 | 2,59 | 1,05 | 19,0 | 17,5 | 9,71 | 5,10 | 35,8 | 3,9 | 3,4 | 7,3 |

Zahl der Haarzellen deuten darauf hin. Beides, steigende Bodenfeuchtigkeit und steigende Nährstoffmenge bewirken auch in mancher Beziehung für die Ernährung der Pflänze dasselbe. Denn mit größerer Wasserzufuhr werden auch größere Mengen von Nährstoffen in die Pflanze eingeführt, vorausgesetzt natürlich, daß solche in löslichem Zustande in genügender Menge vorhanden sind.

**7. Die morphologischen Eingenschaften der Gefäßpflanzen.**

Zum Schluß dieses Abschnittes seien noch die Ergebnisse der botanisch-morphologischen Untersuchung kurz erwähnt (Tab. VI, Seite 61). Die Zahlen sind für jede Feuchtigkeitsstufe und Düngungsreihe das Mittel aus den Untersuchungen von 50—60 Pflanzen. Man sieht, daß steigende Bodenfeuchtigkeit im allgemeinen eine größere Längserstreckung der Organe zur Folge hat, wie es schon bei den Blättern festgestellt wurde und hier bei der Halmlänge, Grannenlänge und der Spindellänge zum Ausdruck kommt. Die Anzahl der Aehrchen an der Spindel nimmt jedoch in höherem Maße zu als die Spindellänge, sodaß die Länge der Spindelglieder mit zunehmender Bodenfeuchtigkeit abnimmt. Die Zunahme der Halmlänge beruht hauptsächlich auf der Zunahme der Länge des obersten Internodiums. Beim schlesischen Grannenweizen fällt es auf, daß das drittoberste Internodium häufig länger ist als das zweitoberste. Das 1000-Korngewicht erfährt bei beiden Sorten mit steigender Bodenfeuchtigkeit eine Abnahme. Von den xerophytischen Merkmalen fällt am meisten ins Auge der schwache, zum Lagern neigende Halm. Die Zahlen für Halmfestigkeit, die mit dem Stephanischen Halmfestigkeitsdynamometer gewonnen wurden, zeigen dies. Für Kirsches Weizen, der wegen seiner großen Verschiedenartigkeit der Typen bei diesen Untersuchungen keine Berücksichtigung finden konnte, liegen nun keine Zahlen vor, doch war seine größere Standfestigkeit deutlich zu beobachten. Während Arnautka und Strubes Weizen sehr bald mit Stäben und Bindfaden umgeben werden mußten, wäre dies bei Kirsches Weizen bis zum Schluß der

Vegetation eigentlich nicht notwendig gewesen. Die Steigerung der Halmfestigkeit durch vermehrte Wasserzufuhr ist wahrscheinlich eine Folge der vermehrten Aufnahme von mineralischen Stoffen. Der Grund für die Abnahme der Halmfestigkeit bei steigender Düngergabe ist wieder auf die reichliche Chilesalpetergabe zurückzuführen. Nach Vageler[49] bewirkt Stickstoff eine Vermehrung des assimilierenden Gewebes auf Kosten des stützenden.

Die Ergebnisse der Reihen mit verschieden starker Düngung zeigen im allgemeinen kein so klares Bild wie die der verschiedenen Feuchtigkeitsstufen. Bei dieser verschiedenen Nährstoffkonzentration muß es als Mangel empfunden werden, daß die tatsächliche Konzentration nicht bekannt ist. Es fehlen einerseits Untersuchungen darüber, wie sich die Gestalt der Getreidepflanze gegenüber verschieden konzentrierten Nährstofflösungen verhalten; andererseits gibt es keine geeignete Methode, die Nährstoffkonzentration in einem Boden zu bestimmen. Von dieser Nährstoffkonzentration ist aber abhängig z. B. die Verdunstung und ohne Zweifel auch die Größe der Ausbildung der Organe. Es steht fest, daß es auch hierin für den Ertrag ein Minimum, Optimum und Maximum gibt. So fand Nobbe[24], daß eine Konzentration von 5 $^0/_{00}$ für die Gerste schon als schädlich anzusehen ist, und Sorauer[41] stellte fest, „daß die über ein gewisses Optimum hinausgehende Konzentration die Produktion an Trockensubstanz und die Blattflächenausbildung herabdrückt und ebenso die absolute Verdunstung ganz bedeutend vermindert."

Zusammenfassend kann am Schlusse dieses Abschnittes gesagt werden, daß die äußeren Bedingungen auf den anatomischen Bau des Blattes einen Einfluß ausüben, der sich in der Weise geltend macht, daß bei steigender Bodenfeuchtigkeit und größerem Nährstoffvorrat des Bodens eine Vergrößerung der Zellen eintritt. Damit ist ausgedrückt, daß die Spaltöffnungen und die Mesophyllzellen größer werden, ihre

Anzahl jedoch auf der Flächeneinheit abnimmt; ebenso verhält sich die Anzahl der Epidermiszellen und der Haarzellen. Zwischen der Anzahl der Spaltöffnungen auf dem qmm und der Verdunstung besteht beim Weizen keine Beziehung. Bei der Verdunstung hat man zu unterscheiden zwischen Verdunstung auf der Flächeneinheit und dem Gesamtwasserverbrauch. Letzterer ist — abgesehen von der Gesamtoberfläche — in erster Linie abhängig von dem Entwicklungsablauf der betreffenden Sorte und der zeitlichen Lage ihres Hauptbedarfes an Wasser. Hierbei darf es jedoch nicht unerwähnt bleiben, daß einzelne Sorteneigentümlichkeiten, wie kräftigere oder schwächere Wurzelbildung, eine Verschiebung nach der einen oder anderen Seite bewirken können.

## C. Der anatomische Bau der Blätter verschiedener Sorten.

Die zur Untersuchung dienenden Sorten wurden zum Teil dem Versuchsfeld, zum Teil dem ökonomisch-botanischen Garten des landwirtschaftlichen Instituts der Universität Halle entnommen. Da nun, wie im vorigen Abschnitt gezeigt wurde, der Einfluß der äußeren Bedingungen zu berücksichtigen ist, war es notwendig, in der Tabelle VII, Seite 66, in der die verschiedenen Sorten der Form Triticum sativum vulgare angeführt sind, diese getrennt nach ihrem Standorte anzugeben. Die Pflanzen vom Versuchsfelde waren im Feldbestande gewachsen, die im Garten auf kleinen Parzellen von 1,25 × 1,25 m, in denen sie im Verbande von 15 : 5 cm standen. Außerdem ist im Garten die Ernährung der Pflanzen eine reichlichere. Strubes schlesischer Grannenweizen wurde von beiden Standorten genommen und diente so als Vergleichssorte. Vergleicht man seinen anatomischen Bau bei den beiden Standorten, so sieht man, daß der im Garten gewachsene deutlich die Merkmale der reichlicheren Wasserzufuhr und reichlicheren Ernährung trägt, nämlich längeres, breiteres und dickeres Blatt, größere Zelldimension, Abnahme der Zahl der Zellen (Spaltöffnungen und Haarzellen) auf dem Quadratmillimeter und geringere Gefäßbündeldichte. In der Tabelle VIII, Seite 72, die die anderen Formen von Triticum sativum enthält, ist die Herkunft durch ein V (Versuchsfeld) oder G (Garten) ausgedrückt.

In der Tabelle VII nun sind die Sorten nach der Zellgröße angeordnet, nämlich nach der Größe der Spaltöffnungen

**Tabelle VII.** Der anatomische Bau der Blätter verschiedener Sorten von Trit. sat. vulgare.

| Sorte | Standort | Blatt- | | | Anzahl der Spaltöffnungen | | Größe der Spaltöffnungen | Durchmesser der Mesophyllzellen | Anzahl der Gefäßbündel | Gefäßbündeldichte | Anzahl der Haarzellen | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | länge | breite | dicke | Oberseite | Unterseite | | | | | Oberseite | Unterseite |
| | | cm | cm | cm | qmm | qmm | $\mu$ | $\mu$ | | | qmm | qmm |
| Grüne Dame II 03 | Versuchsfeld | 26,5 | 1,03 | 0,198 | 50,3 | 39,5 | 66,7 | 21,3 | 34,6 | 33,6 | 46,7 | 1,6 |
| Noë | „ | 26,3 | 1,12 | 0,206 | 49,4 | 40,7 | 66,4 | 21,7 | 38,2 | 34,1 | 41,4 | 0,9 |
| Mettes Bordeaux | „ | 25,6 | 1,16 | 0,206 | 50,2 | 39,1 | 65,2 | 21,0 | 39,7 | 34,2 | 44,0 | 0 |
| Heines Bordeaux | „ | 25,6 | 1,29 | 0,210 | 50,8 | 42,8 | 65,1 | 20,5 | 44,5 | 34,5 | 48,0 | 0 |
| Rimpaus roter Schlanstedter | „ | 25,6 | 1,20 | 0,203 | 51,9 | 40,1 | 65,1 | 20,3 | 41,5 | 34,5 | 56,3 | 0 |
| Blaue Dame III 03 | „ | 23,8 | 1,13 | 0,216 | 52,9 | 41,7 | 64,6 | 20,3 | 38,3 | 33,9 | 41,3 | 0 |
| Kittnauer | „ | 26,5 | 1,13 | 0,218 | 54,5 | 44,3 | 63,3 | 19,9 | 39,0 | 34,2 | 41,9 | 0 |
| Svalöfs Perlweizen | „ | 23,8 | 1,19 | 0,218 | 51,1 | 40,8 | 63,1 | 19,6 | 41,3 | 34,7 | 37,5 | 4,2 |
| Friedrichswerther Grannenweizen | „ | 20,5 | 0,90 | 0,262 | 58,0 | 43,9 | 62,2 | 19,0 | 33,7 | 37,4 | 131,7 | 57,5 |
| Strubes schlesischer Grannenweizen | „ | 28,7 | 0,98 | 0,194 | 59,0 | 45,0 | 61,8 | 17,6 | 37,6 | 38,4 | 14,5 | 0 |
| Kraffts Bordeaux | ökon. botan. Garten | 29,1 | 1,48 | 0,247 | 44,0 | 40,8 | 67,1 | 20,5 | 47,7 | 32,2 | 41,6 | 0 |
| Strubes schlesischer Grannenweizen | „ | 34,3 | 1,20 | 0,222 | 57,9 | 45,8 | 63,4 | 19,5 | 41,3 | 34,4 | 8,7 | 0 |
| Lupitzer Sandweizen | „ | 25,2 | 1,07 | 0,208 | 56,6 | 45,5 | 60,4 | 18,7 | 38,0 | 35,5 | 35,8 | 0,8 |
| Idener | „ | 27,5 | 1,46 | 0,252 | 61,6 | 46,8 | 58,1 | 18,7 | 47,7 | 32,1 | 54,3 | 0,3 |

und nach der Größe des Durchmessers der Mesophyllzellen. Beide stimmen überein. Die Anzahl der Spaltöffnungen verhält sich wieder so, wie es im 1. und 2. Abschnitt dieser Arbeit festgestellt wurde, nämlich gegensinnig zur Größe der Zellen. Man kann von Nr. 1—10 und von 11—14 ein deutliches Ansteigen der Zahl der Spaltöffnungen erkennen, und zwar wieder auf der Unterseite ein weniger schnelles als auf der Oberseite. Diese Uebereinstimmung der Größe der Spaltöffnungen mit der des Durchmessers der Mesophyllzellen gilt nicht nur für die verschiedenen Sorten, sondern auch für die verschiedenen Blätter gleicher Höhe bei verschiedenen Individuen innerhalb derselben Sorte. Es fanden sich z. B. bei Svalöfs Perlweizen folgende Verhältnisse:

| | Anzahl der Spaltöffnungen auf dem qmm | | Länge der Spaltöffnungen | Durchmesser der Mesophyllzellen |
|---|---|---|---|---|
| | Obers. | Unters. | | |
| | | | $\mu$ | $\mu$ |
| Blatt 6 | 39,0 | 32,0 | 69,6 | 21,7 |
| Blatt 10 | 60,0 | 43,8 | 58,4 | 18,6 |

Es muß demnach zugestanden werden, daß Kolkunoff berechtigt ist, beim Weizen die Länge der Spaltöffnungen als Maßstab für die Zellgröße anzunehmen.

Betrachtet man die Sorten nach der Reihenfolge, wie sie, nach der Zellgröße geordnet, in der Tabelle aufgeführt sind, so sieht man, daß an erster Stelle die Sorten stehen, die von Tschermak als relativ hydrophytisch bezeichnet hat. Es sind dies die hochgezüchteten Sorten des Seeklimas (Grüne Dame, Noë, Mettes Bordeaux, Heines Bordeaux, roter Schlanstedter, Kraffts Bordeaux), ausgezeichnet vor allem durch lange Vegetationsdauer und langsamen Entwicklungsablauf. An letzter Stelle dagegen stehen die Landweizen (Lupitzer und Idener) und Sorten von landweizenähnlichem Typus (Strubes schlesischer und Friedrichswerther Grannenweizen). Diese wären nach v. Tschermak diejenigen, die sich mehr dem relativ xerophytischen Typus näherten und gekennzeichnet sind durch kurze Vegetationsdauer und schnelle Entwicklung. Die übrigen Sorten: Blaue Dame, Kittnauer

und Svalöfs Perlweizen, müßten demnach in dieser Beziehung eine mittlere Stellung einnehmen. Die Sorten der ersten Gruppe sind zugleich auch die, die in Bezug auf Wasserversorgung und Nährstoffvorrat im Boden die höchsten Ansprüche stellen, während die Sorten der 3. Gruppe sowohl genügsam sind in ihren Wasseransprüchen, als auch auf schlechteren Böden noch relativ gute Ernten liefern können.

Einige Angaben aus der Literatur mögen zeigen, daß die Einteilung der hier angeführten Sorten in die drei Gruppen mit langer, mittlerer und kurzer Wachstumsdauer berechtigt ist. In den Arbeiten der D. L. G, Heft 63[2] ist folgende Gesamtvegetationsdauer für die hier in Betracht kommenden Sorten angegeben:

| | |
|---|---|
| roter Schlanstedter | 141,4 Tage |
| Noë | 140,5 „ |
| Idener | 139,3 „ |
| Strubes Grannen | 136,3 „ |
| Lupitzer | 130,2. „ |

Besonders frühreif sind demnach Lupitzer und Strubes Grannen, spätreif sind Noë und roter Schlanstedter. Idener steht den spätreifenden Sorten näher als den frühreifenden. Blaue Dame wird in Heft 223[3] als ein Weizen geschildert, dessen Wachstumszeit bei mittleren Ansprüchen ziemlich lang ist. Die Gesamtwachstumsdauer stellt sich im Verhältnis zu den Vergleichssorten folgendermaßen:

| | |
|---|---|
| roter Schlanstedter | 147 Tage |
| Blaue Dame | 146 „ |
| Strubes Grannen | 144 „ |

In Heft 225[4] findet sich die Angabe, daß, wenn Strubes Weizen totreif ist, Svalöfs Perlweizen sich in der Gelbreife befindet, während der rote Schlanstedter erst im Stadium der Grünreife angelangt ist. Svalöfs Perlweizen nimmt also eine Mittelstellung ein. In Versuchsreihe I des Sortenberichtes

in Heft 256[5] ist die Wachstumsdauer für die in Prüfung stehenden vier Sorten folgende:

| | |
|---|---|
| roter Schlanstedter | 155 Tage |
| Svalöfs Perlweizen | 154 „ |
| Kittnauer | 153 „ |
| Strubes Grannen | 149 „ |

Der Kittnauer Sommmerweizen gehört also zu den Sorten, die wie Blaue Dame und Svalöfs Perlweizen den Sorten mit langer Vegetationszeit nahestehen, sie jedoch nicht ganz erreichen.

Man sieht, daß die Uebereinstimmung von Zellgröße mit Wachtumsdauer eine ziemlich weitgehende, aber keine gesetzmäßige ist. Eine Ausnahme bildet der Idener, der in der Zellgröße die letzte Stelle einnimmt, in der Vegetationsdauer dagegen zu der mittleren Gruppe gezählt werden muß. Da nun immerhin nur eine verhältnismäßig geringe Anzahl von Sorten bisher untersucht ist, ist es nicht unwahrscheinlich, daß bei weiteren Forschungen noch mehr Abweichungen gefunden werden.

Es ist bemerkenswert, daß der Idener auch in der Gefäßbündeldichte mehr den Weizensorten der ersten Gruppe gleicht. Er hat eine noch geringere Gefäßbündeldichte als Kraffts Bordeaux, während die übrigen Landweizen und Sorten von landweizenähnlichem Typus eine größere Anzahl von Gefäßbündeln auf derselben Fläche aufweisen. Es ist hier dieselbe Erscheinung wie bei den verschiedenen Blättern derselben Pflanze, bei denen ebenfalls mit zunehmender Zellgröße die Gefäßbündeldichte abnahm.

Die Länge, Breite und Dicke des Blattes ist eine Sorteneigentümlichkeit, die mit der Zellgröße nicht in Zusammenhang steht. Durch ein besonders langes und schmales Blatt ist ausgezeichnet Strubes Grannen, durch ein besonders kurzes Friedrichswerther, der auch die schmalsten und dicksten Blätter aufzuweisen hat. Unter den Landweizen hat ein breites und dickes Blatt der Idener. Die dünnsten Blätter zeigen Grüne

Dame und Strubes schlesischer. Die Form des Blattes läßt also keinen Rückschluß darauf zu, ob eine Sorte mehr zu dem relativ xerophytischen oder zu dem relativ hydrophytischen Typus zu rechnen ist. Das von Remy[26] angegebene Merkmal „schmale, dicke Blätter" trifft z. B. bei Strubes Grannen oder dem Lupitzer Sandweizen nicht zu.

In der Anzahl der Haarzellen bilden eine Ausnahme der Friedrichswerther Grannenweizen und Strubes Grannenweizen. Ersterer ist auf der Unter- und Oberseite ziemlich reich behaart, letzterer ist nur auf der Oberseite mit einigen wenigen Stacheln versehen. Alle andern Sorten zeigen dasselbe Verhalten; sie besitzen ca. 35—55 Haarzellen auf der Oberseite, selten einige wenige auf der Unterseite. Die Haarzellen tragen bei allen Sorten mit Ausnahme des Idener nur kurze Stacheln. Beim Idener sind die Stacheln etwas länger, sodaß man sie vielleicht als kurze Haare bezeichnen kann. Längere Haare hat nur der Friedrichswerther Grannenweizen aufzuweisen. Erinnert man sich der Tatsache, daß die Epidermis des Arnautka ganz ohne Haarzellen war, so folgt daraus, daß beim Weizen auch die Behaarung nicht als Merkmal für die Xerophilie in Betracht kommen kann. Wie es scheint, darf man die Merkmale der in der freien Natur vorkommenden xerophilen Pflanzen nicht ohne weitere Untersuchung auf die Kulturpflanzen übertragen.

Die hier untersuchten Sorten von Triticum saticum vulgare unterscheiden sich also hauptsächlich durch die Zellgröße, und zwar kommt im allgemeinen den relativ xerophytischen Rassen eine geringere Zellgröße zu (Lupitzer Sandweizen, Strubes schlesischer und Friedrichswerther Grannenweizen), während die relativ hydrophtischen hochgezüchteten Rassen Westdeutschlands (Grüne Dame, Noë, roter Schlanstedter, die verschiedenen Bordeaux-Sommerweizen) größere Zellen besitzen. Den von v. Tschermak angeführten Merkmalen der relativ xerophytischen Rassen kann also die verhältnismäßig geringe Zellgröße hinzugefügt werden, den Merkmalen des relativ hydrophytischen Typus die verhältnismässig große

Zelldimension. Der Begriff der „trockenen Konstitution“ hat somit eine anatomische Begründung erlangt.

Die großzelligen, in Bezug auf Wasser anspruchsvollen Sorten besitzen eine geringere Anzahl von Spaltöffnungen auf der Flächeneinheit als die kleinzelligen bedürfnislosen Landsorten. Es ist auch hier wieder ersichtlich, daß aus der Zahl der Spaltöffnungen auf der Flächeneinheit keine Schlüsse gezogen werden dürfen für den Gesamtwasserverbauch einer Sorte. Wollte man dies überhaupt tun, so mußte man nach den hier vorliegenden Ergebnissen vielmehr sagen, daß Sorten mit einer größeren Anzahl von Spaltöffnungen geringere Ansprüche an die Wasserversorgung stellen als eine Sorte mit einer kleineren Anzahl. Denn größere Anzahl von Spaltöffnungen deutet auf kleinzelligen Bau des Blattes hin, der Sorten mit schnellerem Entwicklungsablauf eigentümlich ist.[1]

In der Tab. VIII sind die Ergebniße der Meßungen an den übrigen Formen von Triticum sativum zusammengestellt. Ein Zusammenhang ist nicht zu erkennen. Es ist von jeder Form jedoch nur eine Sorte untersucht (nur von durum 2). Weitere Forschungen mögen ergeben, ob sich auch hier innerhalb der einzelnen Formen ähnliche Regelmäßigkeiten ergeben wie bei der Form vulgare; ferner inwieweit bei dem Vergleich der einzelnen Formen untereinander systematische Gesichtspunkte eine Rolle spielen, oder ob mehr die klimatischen Einfüße in den Vordergrund treten und ähnliches. Nur einiges sei hervorgehoben. Bei polonicum fällt es auf, daß Oberseite und Unterseite nahezu die gleiche Menge Spaltöffnungen besitzen. Weiter ähneln sich Oberseite und Unterseite darin, daß bei diesem Weizen die Epidermis-Zellwände der Unterseite nicht so verdickt und gewellt sind, wie es sonst der Fall ist, und mehr den Charakter der Oberhautzellwände besitzen. Triticum sativum turgidum zeigt eine geringe Größe der Spaltöffnungen, dagegen einen großen Durchmesser der Parenchymzellen. Dies legt die Vermutung nahe, daß jede Form in Bezug auf die Zahl und Größenausbilduug der verschiedenen anatomischen Elemente seine spezifische Struktur besitzt.

[1] Siehe Arnautka und Strubes schlesischer in Tab. IV.

**Tabelle VIII.** Der anatomische Bau der Blätter der Formen von Trit. sat. ausschließlich vulgare.

| Triticum sativum | Sorte | Blatt- | | | Anzahl der Spaltöffnungen | | Größe der Spaltöffnungen | Durchmesser der Mesophyllzellen | Anzahl der Gefäßbündel | Gefäßbündeldichte | Anzahl der Haarzellen | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | länge | breite | dicke | Oberseite | Unterseite | | | | | Oberseite | Unterseite |
| | | cm | mm | cm | qmm | qmm | $\mu$ | $\mu$ | | | qmm | qmm |
| monococcum (G.) | Sommer-Einkorn | 18,1 | 0,79 | 0,204 | 71,2 | 60,0 | 46,8 | 18,1 | 37,1 | 46,9 | 258,1 | 240,3 |
| dicoccum (G.) | dichter rötlicher Emmer | 28,1 | 1,26 | 0,272 | 63,7 | 56,6 | 55,4 | 19,0 | 41,3 | 32,8 | 56,5 | 58,4 |
| Spelta (G.) | Sommer-grannenspelz | 21,0 | 1,02 | 0,199 | 54,2 | 36,9 | 62,7 | 21,0 | 37,0 | 36,3 | 25,2 | 0 |
| compactum (G.) | Sommerbinkel-weizen | 30,9 | 1,41 | 0,234 | 54,2 | 43,1 | 59,5 | 19,8 | 48,7 | 34,6 | 27,9 | 12,4 |
| turgidum (V.) | ostpreußischer Mammuth | 27,1 | 1,23 | 0,294 | 52,7 | 47,5 | 56,7 | 22,0 | 41,5 | 33,7 | 95,4 | 89,8 |
| durum (V.) | Malaga-Hartweizen | 21,7 | 0,86 | 0,258 | 53,6 | 39,1 | 67,3 | 20,4 | 31,9 | 37,1 | 110,3 | 86,9 |
| durum (G.) | Arnautka | 28,0 | 1,15 | 0,216 | 51,5 | 46,9 | 58,4 | 18,8 | 37,6 | 32,7 | 0,5 | 0 |
| polonicum (G.) | weißer polnischer | 39,5 | 1,57 | 0,244 | 51,2 | 50,5 | 58,0 | 21,1 | 47,8 | 30,4 | 30,0 | 13,7 |

# Schluß.

## Die Bedeutung der Zellgröße für die Pflanzenzüchtung.

In der Botanik ist es zuerst Sachs[28] gewesen, der Betrachtungen über die Zellgröße angestellt hat. Er macht darauf aufmerksam, daß die Größe der Pflanzen vom einzelligen Lebewesen bis zu den großen Baumriesen ungemein verschieden sein kann, während die Größe ihrer Bausteine, der Zellen, garnicht so sehr von einander abweicht. „Wir können es als ein fundamentales Bildungsgesetz betrachten, daß die Gewebezellen echter Gewebepflanzen eine gewisse mittlere Größe einhalten, die etwa zwischen 0,02 und 0,09 mm schwankt, aber niemals auf weniger als 0,005 mm herabsinkt." „Jedenfalls darf man die mittlere Größe der Gewebezellen als eine in gewissem Sinne maßgebende, prinzipiell feststehende Tatsache betrachten, wenn wir auch die Ursachen davon nicht kennen. Aehnlich sind ja auch die Atomgewichte nur Erfahrungstatsachen, deren Ursache unbekannt ist. So gut wie die Chemie diese Erfahrungstatsache verwertet, dürfen auch wir die mittlere Größe der Gewebezellen zur Basis weiterer Folgerungen machen, indem wir uns die Gewebezellen zugleich als die Bausteine der Organe denken." Für unsere Betrachtungen ist noch folgender Satz von Wichtigkeit: „Solange die große einheitliche Masse nur eine Energide darstellt, ruht sie, sie ist physiologisch untätig, abgesehen von langsam fortschreitenden chemischen Ver-

änderungen. Die Gestaltungsprozesse beginnen mit der Furchung, überhaupt mit der Zerlegung in zahlreiche Energiden, und sie werden um so energischer und vielseitiger, je weiter die Teilungen fortschreiten. Diese Erscheinung macht den Eindruck, als ob dieselbe Stoffmasse an Energie, an Arbeitskraft gewänne, wenn sie in zahlreiche Portionen oder Energiden zerfällt." Für unseren Fall würde dies also heißen, daß die kleinzelligen Weizensorten auf der Flächeneinheit eine größere Anzahl von Energiden besitzen als die großzelligen. Die kleinzelligen würden demnach eine höhere Arbeitskraft oder Energie aufzuweisen haben. Vielleicht liegen hier die Zusammenhänge der Kleinzelligkeit mit der Entwicklungsgeschwindigkeit bezw. Wachstumsdauer.

Als Preisfrage der Universität Würzburg hatte Sachs im Jahre 1892 folgende Aufgabe gestellt: „Es ist durch möglichst zahlreiche Messungen festzustellen, ob und welche Beziehungen zwischen dem Volumen der Zellen und dem der Organe der Pflanzen bestehen." Bearbeitet wurde diese Frage durch Sachs' Assistenten Amelung[1], der als Ergebnis seiner Untersuchungen den Satz aussprach: „Verschieden große Organe gleicher Art desselben Pflanzenindividuums bestehen aus Zellen von gleicher und nahezu gleicher Größe". Mit anderen Worten heißt dies, daß zwischen der Größe der Zellen und der Größe der Organe keine Beziehung besteht. Es ist dies eine Bestätigung dessen, was bei den verschiedenen Blättern derselben Weizenpflanze und bei den verschiedenen Sorten gefunden wurde.

Der Größe der Pflanzenzellen hat auch Haberlandt[9] in seinem Buche ein kleines Kapitel gewidmet. Er vertritt den Standpunkt, daß man nicht, wie Sachs es tat, die mittlere Zellgröße als eine Tatsache hinzunehmen brauchte, die gleich den Atomen nicht weiter erklärt werden könnte. Vielmehr müßte die physiologische Pflanzenanatomie auch die Größe der Zellen in den Kreis ihrer Erklärungsversuche ziehen. Mit der immer widerkehrenden mittleren Zellgröße müßten allgemeingültige Vorteile verbunden sein. „Welches nun diese

Vorteile sind, läßt sich gegenwärtig allerdings nicht angeben. Man kann nur mutmaßen, daß im Hinblick auf die Beeinflussung der Stoffwechselprozesse durch die Raumverhältnisse, auf die Schnelligkeit des Stoffverkehrs, auf die Turgorverhältnisse, auf die Wirkungssphären der Zellkerne u. s. w. die tatsächlich gegebenen mittleren Zellgrößen als die günstigsten sich herausgestellt haben." Man kann demnach auch annehmen, daß die gefundenen regelmäßigen Unterschiede in der Zellgröße bei den verschiedenen Sorten, bei Blättern, die verschiedenen äußeren Einflüssen ausgesetzt waren, bei den verschiedenen Blättern derselben Pflanze, ihren Grund haben. Es kann hier angeknüpft werden an die Beeinflussung der Stoffwechselprozesse durch die Raumverhältnisse und an die Schnelligkeit des Stoffverkehrs. Wenn bei einem kleinzelligen Blatt eine größere Anzahl von Zellen auf der Flächeneinheit vorhanden ist, so ist damit die Gesamtoberfläche der Zellen bedeutend vermehrt worden gegenüber der Zelloberfläche bei einem großzelligen Blatt. Wie z. B. die spezifische Oberfläche wächst, mag folgende Tabelle zeigen, die dem Buche v. d. Malsburgs[21] entnommen ist:

| Seitenlänge | Anzahl der Würfel | Gesamtoberfläche | spezifische Oberfläche |
|---|---|---|---|
| 1 cm | 1 | 6 qcm | 6 |
| 0,1 „ | $10^3$ | 60 „ | $6.10$ |
| 0,01 „ | $10^6$ | 600 „ | $6.10^2$ |
| 0,001 „ | $10^9$ | 6000 „ | $6.10^3$ |
| 0,0001 „ | $10^{12}$ | 6 qm | $6.10^4$ |

Diese Zunahme an Oberfläche muß aber von großer Bedeutung sein für die Stoffwechselprozeße, und zwar weniger für die Quantität der erzeugten organischen Substanz, als vielmehr für die Schnelligkeit des Stoffwechsels. v. d. Malsburg[21] sagt darüber: „Denn falls die Zelloberfläche die einzige Eingangs- und Ausgangspforte darstellt, durch welche allein sowohl die Nährsubstanzen in das Innere der Zelle gelangen können, wie auch die letzten Produkte des daselbst vor sich

gehenden Stoffumsatzes aus derselben nach außen befördert werden müssen, so ist es klar, daß die Intensität jener Funktion durch das genannte Verhältnis des Zellvolumens zur Zelloberfläche in erster Linie bestimmt wird". Diese Vergrößerung der Oberfläche wäre dann der Grund für die Sachs'sche Annahme, daß eine Masse, solange sie nur eine Energide darstellt, an Energie gewinnt, wenn sie in zahlreiche Energiden zerlegt wird. Haberlandt fährt nun fort: „So ist es leicht verständlich, weshalb die Speicherzellen im allgemeinen viel größer sind als die Assimilationszellen. Die Stoffspeicherung findet im Gesamtlumen der Zelle statt. Die Chlorophyllkörner der Assimilationszellen sind aber wandständig, die Zellwände müssen deshalb eine möglichst große Oberfläche besitzen, um möglichst zahlreichen Chlorophyllkörnern Platz zu gewähren. Es werden also in das Assimilationsgewebe soviel Zellwände eingeschaltet, die Zellwände werden dadurch so sehr verkleinert, als es mit ihren allgemeinen Lebensfunktionen und einer genügenden Durchleuchtung überhaupt verträglich ist." Denkt man sich 2 Sorten, eine kleinzellige und eine großzellige, mit derselben Anzahl von Chlorophyllkörnern in jeder Zelle, so hätte die kleinzellige auf der Flächeneinheit mehr Chlorophyllkörner und auf dieser Fläche eine größere Assimilationsenergie gegenüber einer großzelligen. Nach C. A. Weber[50] ist die Uebereinstimmung zwischen Chlorophyllgehalt und Assimilationsenergie eine ziemlich weitgehende. Aus dem Umstande, daß die Blätter von geringer Bodenfeuchte dunkler grün gefärbt waren als Blätter von höherer Bodenfeuchtigkeit, läßt sich schließen, daß sie einen höheren Chlorophyllgehalt besaßen. Nimmt man an, daß ursprünglich in jeder assimilierenden Zelle die gleiche Anzahl von Chloroplasten enthalten ist, so ist doch, da die Blätter von geringerer Bodenfeuchte kleinere Zellen besaßen, bei diesen auf derselben Fläche eine größere Menge Chlorophyll enthalten. Die Gesamtoberfläche und damit die verdunstende Oberfläche des Blattes war eine kleinere, die Assimilationsenergie wäre jedoch demnach auf der Flächeneinheit

eine größere geworden, sodaß das sich widerstreitende Verhalten zwischen Verkleinerung der verdunstenden Oberfläche und Verkleinerung der Assimilationsfläche durch die größere Assimilationsenergie auf der Flächeneinheit in diesem Falle eine günstige Lösung gefunden hätte. Diese Betrachtungen lehren uns die Wichtigkeit von Untersuchungen über die Ursachen der verschiedenen Blattfarbe bei verschiedenen Sorten und den Beziehungen zu ihrer Assimilationsenergie.

Kolkunoff[16] wollte durch Assimilationsversuche nachgewiesen haben, daß die Assimilationsenergie der Länge der Spaltöffnungen proportional ist, daß also kleinzellige Sorten schwächer assimilierten. Er hatte abgeschnittene Blätter in Glasröhren getan, welche ein Gasgemisch von 3,86 % — 17,89 % $CO_2$ enthielten. Nun steigt aber mit zunehmendem $CO_2$-Gehalt der Luft die Assimilation bis zu einem Optimum, um dann wieder abzunehmen. So fand Godlewski[8] für Glyceria spectabilis:

| bei einem $CO_2$-Gehalt der Luft | wurde $CO_2$ zersetzt |
|---|---|
| von 3,1 % | 2,10 |
| 7,0 „ | 4,73 |
| 10,4 „ | 5,75 |
| 13,9 „ | 2,27. |

Der wechselnde $CO_2$-Gehalt der Luft in den Glasröhren verhindert so einen Vergleich der Ergebnisse, und diese Versuche von Kolkunoff können daher keinen Anspruch auf Gültigkeit machen.

Von großer Wichtigkeit für die Forschungen über die Ursachen der spezifischen Zellgröße ist es natürlich, zu wissen, ob die Zellgröße auch eine erbliche Eigenschaft ist. Dies bestätigt Sierp[38], der feststellte, daß zwar äußere Ursachen auf die Zellgröße einen großen Einfluß ausüben, daß aber trotzdem „für die Zellgröße eines Gewebes einer Spezies ein Mittelwert charakteristisch und erblich festgelegt ist.“ Die Erblichkeit der Zellgröße wird auch von Kolkunoff[15] und Jakushkin und Wawlow[12] festgestellt.

Praktische Folgerungen aus den Verschiedenheiten in der Zellgröße hat nun für die Pflanzenzüchtung der bereits mehrfach erwähnte Kolkunoff[15], Professor am Polytechnikum in Kiew, gezogen, indem er klein- und großzellige Formen züchtete. Bevor hiervon weiter die Rede sein wird, sei erst erwähnt, daß auf dem Gebiete der Tierzucht v. d. Malsburg[21] eine ähnliche Theorie aufgestellt hat in seinem Buche: „Die Zellengröße als Form- und Leistungsfaktor der landwirtschaftlichen Nutztiere. Ein histobiologisches Problem in der Züchtungskunde." v. d Malsburg suchte nach einem „Kardinalfaktor", „von dem alle übrigen Merkmale unmittelbar abhängig wären" oder „aus dem alle morphologischen und physiologischen Eigenschaften eines gegebenen Organismus abzuleiten sind." Dieser Kardinalfaktor sollte nun die einzelen Zelle sein, „und zwar in ihrer spezifischen biochemischen, biophysischen und biomorphologischen Beschaffenheit." In seinem Buche hat er neben vielen Meßungsergebnissen von Muskelzellen, Ernährungsversuchen usw. auch eine Begründung seiner Theorie von den spezifischen Verschiedenheiten in Zellgröße und Zellfunktion gegeben, auf die sich Kolkunoff in einer späteren Arbeit bezieht. An dieser Stelle seien nur die sogenannten „biologischen Zelltypen" aufgeführt, die v. d. Malsburg aufgestellt hat, und denen dann die betreffenden „histologisch-zootechnischen Tiertypen" entsprechen sollen.

„I. Feine Tierzellen mit einem biochemisch sehr aktiven und biophysisch konzentrierten (also nur mäßig mit Wasser aufgequollenen) Plasmainhalte; die Zelldimensionen sind eben klein, wodurch sich das Verhältnis des Volumens zur Zelloberfläche sehr günstig gestaltet und folglich einen, dem aktiven Zellinnern entsprechenden regen Stoffwechsel (reichen Zufluß der Nährstoffsubstanzen und des Sauerstoffs), erleichterte Abgabe der oxydierten Endprodukte ($H_2O$, $CO_2$, CO $N_2H_4$ usw.) und demnach auch einen intensiven Stoffumsatz von eminent aktivem Charakter gestattet. Deshalb sind hier alle physiologischen Funktionen von hoher energetischer Spannung, was in der bedeutenden Vitalität der betreffenden Zellen seinen biologischen Ausdruck findet."

„II. Grobe Tierzellen mit einem biochemisch zwar normalen, aber durch übermäßige Hydration in der physiologischen Aktivität deprimierten Plasmainhalte; daher die Dimensionen groß, weshalb sich auch das Verhältnis des Volumens zu der Zelloberfläche ungünstig gestaltet und auf den Stoffwechsel (wenn auch nicht gerade auf die Stoffaufnahme) hemmend wirkt. Demzufolge wird auch der Stoffumsatz träge, von überwiegend inaktivem Charakter (unzureichende Oxydation, fettige Spaltungsprodukte) und daher entsteht eine niedrige energetische Spannung sämtlicher physiologischen Funktionen, welche sich in einer geschwächten Vitalität der betreffenden Zellen kundgibt."

Ferner unterscheidet v. d. Malsburg noch einen III. Typus, die zarten Tierzellen. Sie sind nach ihm gewissermaßen anormale Typen, die im jugendlichen und alternden Stadium der Zellen und außerdem bei gewissen Degenerationserscheinungen auftreten.

Kolkunoff[15] war nun von dem Gedanken ausgegangen, die anatomisch-physiologische Begründung dafür zu suchen, daß manche Sorten die sommerliche Dürre besser überstehen können als andere. Er fand, daß dies mit der Kleinzelligkeit, oder wie er sich ausdrückt, mit der „Größe der anatomischen Coeffizienten" zusammenhängt. Nach seiner Meinung liegt dies daran, daß eine kleinzellige Sorte weniger Wasser gebraucht zur Erzeugung der Einheit Trockensubstanz, daß also ihr spezifischer Wasserbedarf ein geringer sei. Im Gegensatz zu dieser Ansicht scheint dies jedoch nach den hier vorliegenden Ergebnissen nicht der Fall zu sein. Der Arnautka hatte einen größeren spezifischen Wasserbedarf als die beiden anderen Sorten. Man muß sich jedoch vor Augen halten, daß Kolkunoff seine Zahlen im kontinentalen Klima gewonnen hat. Wie schon S. 47 ausgeführt wurde, muß der spezifische Wasserbedarf einer aus dem Seeklima in das kontinentale Klima übergeführten Sorte ein größerer sein als in ihrer Heimat, da auf sie hier eine größere Wärmesumme einwirkt, der sie sich durch eine schnellere Entwicklung und Verlegung der Hauptwasserbedarfsperiode in eine kühlere und noch wasser-

reichere Zeit nicht entziehen kann. Es ist also sehr wohl möglich, daß die kontinentalen Sorten in ihrer Heimat weniger Wasser gebrauchen zur Herstellung der Einheit Trockensubstanz als die eingeführten westeuropäischen Sorten. Wir sahen ja auch, daß bei den verschiedenen Bodenfeuchtigkeitsgraden bei Arnautka der spezifische Wasserbedarf steigt mit zunehmender Bodenfeuchtigkeit, bei Kirches Weizen dagegen sank. Die Bedeutung der Entwicklungsgeschwindigkeit für den Wasserverbrauch hat Kolkunoff nicht erkannt oder jedenfalls nicht erwähnt.

Kolkunoff hat nun eine besondere Züchtungsmethode geschaffen, die nach von Stebutt[44] schon verschiedentlich in Rußland angewendet wird, nämlich die Auslese nach der Größe der Spaltöffnungen, da ja diese nach ihm als Maßstab für Zellgröße gilt. Kolkunoff selbst hat einen Weizen gezüchtet: Banater Winterweizen $\alpha$-xerophil, der sich als dürre-fest erwiesen haben soll.[44] Durch die Liebenswürdigkeit des Herrn von Timar, Temesvar, Ungarn, erhielt ich Gelegenheit, Blätter von Professor Kolkunoffs Züchtungen, von einem großzelligen und einem kleinzelligen Weizen zu untersuchen, der bei ihm angebaut war. Leider standen nur je 2 Blätter von jeder Form zur Verfügung. Die Blätter zeigten die folgenden anatomischen Verhältnisse:

| | Anzahl der Spaltöffnungen qmm Obers. | Unters. | Größe der Spaltöffnungen $\mu$ | Dicke des Blattes mm | Breite des Blattes mm | Anzahl der Rippen | Gefäßbündeldichte |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Kleinzellig:** | | | | | | | |
| Blatt 1 | 101,4 | 68,4 | 50,8 | 0,185 | 8,0 | 34 | 42,5 |
| Blatt 2 | 84,3 | 63,1 | 51,9 | 0,200 | 8,0 | 36 | 45,0 |
| Durchschn. | 92,8 | 65,7 | 51,3 | 0,192 | 8,0 | 35 | 43,8 |
| **Großzellig:** | | | | | | | |
| Blatt 1 | 75,0 | 54,0 | 53,3 | — | — | — | — |
| Blatt 2 | 71,4 | 52,8 | 55,0 | — | — | — | — |
| Durchschn. | 73,2 | 53,4 | 54,2 | — | — | — | — |

Hiernach wären die Unterschiede in der Zellgröße nicht sehr erheblich, doch ist die Anzahl der untersuchten Blätter

noch nicht genügend, um ein klares Bild davon zu geben. Mit großer Deutlichkeit zeigen aber diese in Ungarn gewachsenen Blätter, daß kontinentales Klima eine kleine Zelle erzeugt, wie es ja auch als besonderes Zuchtziel für russische Verhältnisse von Kolkunoff gefordert wird.

Aus folgender Zusammenstellung, die ich der Arbeit von Kolkunoff entnehme, ist die Abnahme der Zellgröße von Westen nach Osten ganz offensichtlich:

| Sorte | Länge der Spaltöffnungen in $\mu$ |
|---|---|
| Bordeaux | 95,8 |
| Chiddam | 94,2 |
| Elsässer | 94,0 |
| Heines | 85,8 |
| bewässerter Turkestaner | 80,6 |
| Kubanka | 74,0 |
| Ulka | 68,2 |
| Turkestaner Gebirgsweizen | 64,4. |

Es ist sicherlich kein bloßer Zufall, daß ähnliches auch für die Größe der Tierzelle gilt. So betragen die „histobiologischen Symbole“ nach v. d Malsburg beim Pferde:

| | | |
|---|---|---|
| A. Ponies | | 33,26 $\mu$ |
| B. Warmblütige Laufpferde | | 35,77 „ |
| 1. orient. Vollblut | 34,06 $\mu$ | |
| 2. Lippizaner | 34,50 „ | |
| 3. galiz. Landpferd | 35,80 „ | |
| 4. ungar. Jucker | 37,37 „ | |
| 5. orient. Hochblut | 37,26 „ | |
| C. Mischblutpferde | | 41,24 „ |
| 6. Anglo-Araber | 39,35 „ | |
| 7. Englisches Halbblut | 40,48 „ | |
| 8. Orlow-Traber | 43,90 „ | |
| D. Kaltblütige Schrittpferde | | 46,29 „ |
| 9. Percherons | 45,00 „ | |
| 10. Noriker | 45,05 „ | |
| 11. Ardenner | 46,50 „ | |
| 12. Belgier | 48,60 „ | |

In Bezug auf die Zellgröße verhält sich also ein russischer Steppenweizen zu einem hochgezüchteten Dickkopfweizen wie etwa ein galizisches Landpferd oder ungarischer Jucker zu einem Belgier.

Es ist nun interessant zu hören, daß Noë und Bordeaux, die wir als westeuropäische Rassen mit großer Zelldimension kennen gelernt haben, ursprünglich aus dem südlichen Rußland stammen. Schindler[29] sagt darüber: „Der Noë ist in Südrußland einheimisch und kam im Jahre 1826 mit einer Ladung Korn aus Odessa nach Frankreich. Sein Anbau fand zunächst im Departement Gers im Südwesten und in der Beauce im Nordwesten statt und aus der letzteren Gegend verbreitete er sich immer mehr und mehr. Er ist, nach Vilmorin, wie viele Formen des Ostens, in Frankreich dem Rost und Brand stark unterworfen, entwickelt sich jedoch rasch, widersteht dem Lager und gibt namhafte Erträge. Der bekannte Bordeauxweizen soll nach Risler nur eine durch Zuchtwahl aus dem Noë entstandene Spielart sein.“ Noë war also ursprünglich ein südrussischer Landweizen, und es ist daher anzunehmen, daß er kleinzellig war. Nun enthalten aber die Landweizen auch großzellige Typen, wie es z. B. Blatt 8 vom Idener Weizen (Zusammenstellung S. 23) zeigt. Der allmähliche Uebergang des Noë von einer kleinzelligen in eine großzellige Sorte ist nach diesem auf zweierlei Weise möglich gewesen:

1. Die großzelligen Typen gewannen in dem günstigeren Klima und bei den besseren Ernährungsbedingungen Frankreichs die Oberhand, sie lieferten mehr Körner als die kleinzelligen und verdrängten diese immer mehr. Schließlich wurde der Noë in Züchtung genommen; der Züchter sonderte die kleinzelligen, wenig ertragreichen Stämme vollends aus, und es blieben nur noch die großzelligen übrig, die nun nur noch wenig Aehnlichkeit zeigen mit dem ursprünglichen Landweizen. Gleichzeitig war die Vegetationszeit länger geworden, also die Entwicklungsgeschwindigkeit eine langsamere, wie dies eine allgemeine Erscheinung in der Züchtung ist. So mußte Mokry[22] der

den Banater Weizen veredeln wollte, seine Züchtung aufgeben, weil die veredelten Stämme zu langsam in der Entwicklung wurden und den trocknen Sommer nicht mehr überstehen konnten. Außerdem war der Weizen proteinärmer geworden.

2. Die zweite Erklärung ist weniger wahrscheinlich, weil man eine Hypothese zu Hilfe nehmen muß, die noch lange nicht geklärt ist. Man kann nämlich annehmen, daß die Zellen sämtlicher Typen durch die günstigeren Bedingungen größer wurden, (wie es die Gefäßversuche zeigten) und daß diese Eigenschaft dann erblich wurde. Dies wäre aber nur möglich, wenn man eine Vererbung erworbener Eigenschaften annehmen will.

Die erste Annahme erklärt auch, warum eine Landsorte anpassungsfähiger ist als eine hochgezüchtete Sorte. Die Landsorte setzt sich aus groß- und kleinzelligen Typen zusammen, von denen jede, je nach den Bedingungen, sich gut entwickeln kann, sodaß selten weder eine völlige Mißernte, noch aber auch eine absolut hohe Ernte erzielt wird. So kann jetzt der Noë, nachdem seine kleinzelligen Typen ausgemerzt sind, nicht wieder nach dem Osten vordringen, jedenfalls nicht weiter, als er bis jetzt gedrungen ist, denn er enthält jetzt nur noch die großzelligen Formen, die im kontinentalen Klima allein nicht mehr existenzberechtigt sind. Umgekehrt könnte ein Landweizen, der seiner großzelligen Typen beraubt ist, also etwa nach der Methode Kolkunoff gezüchtet wurde, auch nicht mehr auf einem besseren Boden und bei besserer Wasserversorgung mit einem Landweizen konkurrieren, der noch seine großzelligen Typen enthält.

Nach dieser ersteren Annahme wären denn die hochgezüchteten großzelligen Sorten aus Landsorten so entstanden, daß durch Auslese die kleinzelligen entfernt wurden. Die Landsorten wären daher nicht als kleinzellig, sondern als gemischtzellig zu bezeichnen.

In Bezug auf den osmotischen Druck hat ein Schüler Kolkunoffs, Doitsch[7], nachgewiesen, daß er bei kleinzelligen Weizensorten höher ist, und daß dies als einer der Gründe

zu gelten hat, weshalb die kleinzelligen Sorten winterfester sind.

Auch auf andere Kulturpflanzen hat Kolkunoff seine Untersuchungsmethode übertragen. So hat er eine umfangreiche Arbeit über die Zuckerrübe[17] veröffentlicht, worin er die Beziehungen des anatomischen Baues des Rübenblattes, besonders der Zellgröße, mit den physiologischen Leistungen der Rübe aufzufinden sucht. Die Arbeit ist mir durch Uebersetzung nicht zugänglich geworden; die nachfolgenden wichtigsten Ergebnisse sind dem Buche v. d. Malsburgs entnommen. Es heißt dort: „Die Rübenrassen, angefangen von der primitivsten Beta maritima bis zu der höchstkultivierten Zuckerrübe, unterscheiden sich ... durch die Größe ihrer respektiven histologischen Elemente, wobei die größeren Zelldimensionen weniger zuckerhaltigen Rübenrassen entsprechen und umgekehrt." „Mit der zunehmenden Zellengröße des Mesophylls der Blätter und der Wurzel vergrößern sich auch die Oberhautzellen und die Spaltöffnungen." „Die kleinzelligen Rübenrassen vegetieren schlecht bei großer Luft- und Bodenfeuchtigkeit, sind demnach xerophil und enthalten selbst weniger Wasser; die grobzelligen dagegen sind hygrophil." „Die Zellengröße und die Rübengröße einerseits und der Zuckergehalt andererseits sind hier antagonistische Merkmale, und während in Westeuropa die grobzelligen, großen, wenn auch zuckerärmeren Rüben am gedeihlichsten kultiviert werden, eignen sich für Rußland am besten die feinzelligen, kleinen und dabei zuckerreicheren Rübenrassen, obwohl der Ertrag der letzteren pro 1 ha Bodenfläche gerechnet, selbstverständlich kleiner ist, als der der ersteren."

Beim Mais[18] hat Kolkunoff festgestellt, daß mit der Länge der Spaltöffnungen auch der Stickstoff-Gehalt der Blätter vermehrt wird.

Ueber die Beziehungen des Blattbaues zu den physiologischen Funktionen des Hafers liegt eine Arbeit vor von Jakushkin und Wawilow[19]. Auch sie fanden Unterschiede in der Zellgröße der Hafersorten, die jedoch mit der Vegetations-

dauer nicht übereinstimmte. So gehörten z. B. der holländische Mesdag und Brie zu der großzelligen Gruppe. Nach Schneiders[34] Versuchen mit 88 Hafersorten ist nun der Mesdag der frühreifendste mit 83 Tagen, zu den am spätesten reifenden gehört dagegen Brie mit 118 Tagen. Ferner fanden die beiden genannten russischen Autoren beim Hafer nicht die Gesetzmäßigkeit, daß größeren Spaltöffnungen eine kleinere Anzahl entspricht und umgekehrt. Dagegen stellten auch sie die Unabhängigkeit der Zellgröße von der Länge und Breite der Blätter fest und — wie schon erwähnt — auch die Erblichkeit der Zellgröße. Sie erwähnen dann schließlich eine Arbeit von Erikson und Marshall Ward, nach der „die Empfänglichkeit gegen Pilze oder die Immunität nicht von der anatomischen Struktur des Blattes abhängt, sondern von einem oder mehreren inneren Faktoren."

Gegen diese Arbeit wendet sich Kolkunoff in einer besonderen Schrift[19]. Er benutzt die Zahlen von Jakushkin und Wawilow und zwar hauptsächlich die Zahlen von tieferstehenden Blättern am Halm, die seiner Ansicht nach geeigneter sind für diese Untersuchungen. Einen Grund dafür gibt er nicht an. Er findet dann, daß die Arbeit von Jakushkin und Wawilow keine Widerlegung, sondern eine Bestätigung seiner Ansicht gibt. Daß die Beziehungen zwischen Zellgröße und Vegetationsdauer nicht immer ganz klare sind, erklärt er folgendermaßen: „In feuchten Jahren und in einem feuchteren Klima fühlen sich die kleinzelligen und folglich mehr xerophilen Rassen unnormal und ziehen ihre Vegetationsperiode in die Länge." Dies würde allerdings mit der Beobachtung übereinstimmen, die bei den Gefäßversuchen gemacht wurde, nämlich daß der Arnautka seine Wachstumsdauer bei größerer Bodenfeuchtigkeit verlängerte, während Kirsches Weizen sie abkürzte. Es handelte sich jedoch in diesem Falle nur um einige Tage, während der Unterschied in der Wachstumsdauer zwischen Mesdag und Brie 35 Tage beträgt.

Dies sind im wesentlichen die Arbeiten, soweit sie mir bekannt geworden sind, die sich mit dem Problem der

Zellgröße beschäftigen. Wie man sieht, finden sich noch Widersprüche, so daß noch weitere Arbeiten darüber notwendig sind, ehe abschließende Urteile möglich sind. Nur soviel kann gesagt werden, daß für Deutschland die Auslese kleinzelliger Formen, die also besonders schnell in der Entwicklung sind und — nach Kolkunoff — dürrefest sein sollen, beim Getreide nicht die Bedeutung hat wie für Rußland. Mit der Verkürzung der Vegetationsdauer ist meist auch eine Verminderung des Ertrages verbunden.

Um die Frage der Bedeutung der Zellgröße noch weiter zu klären, wären zunächst weitere experimentelle Arbeiten nötig, etwa in der Richtung, daß aus Landsorten kleinzellige und großzellige Formen ausgelesen würden, und daß festgestellt würde, wie sich der Entwicklungsverlauf und die sonstigen morphologischen und physiologischen Eigenschaften dieser beiden Formen von einander unterscheiden.

Wenn es jedoch gelänge, aus den ertragreichen westeuropäischen Sommerweizensorten Stämme herauszuzüchten, die eine größere Entwicklungsgeschwindigkeit und daher einen geringeren Bedarf an Wasser besäßen und trotzdem die Höhe des Ertrages beibehielten, so wäre dies ein wesentlicher Vorteil vor allem für die Gegenden Deutschlangs, die in Bezug auf die Regenmengen ungünstiger gestellt sind. Durch geeignete Kreuzungen müßte sich diese Vereinigung von schneller Entwicklung und hohem Ertrage wohl erreichen lassen.

# Ergebnisse.

Aus meinen bisherigen Untersuchungen möchte ich als hauptsächlichste Ergebnisse folgendes noch einmal kurz wiedergeben:

I. Die verschiedenen Blätter einer Sommerweizenpflanze unterscheiden sich:
   1. in morphologischer Beziehung durch ihre Länge, die von den unteren Blättern nach oben zu bis zum zweiten oder dritten Blatt (von oben ab gezählt) zunimmt, um dann wieder abzunehmen, und durch ihre Breite, die regelmäßig von unten nach oben zunimmt;
   2. in anatomischer Beziehung durch die Zellgröße (Länge der Spaltöffnungen und Durchmesser der Mesophyllzellen), die von unten nach oben zu abnimmt, durch die Anzahl der Spaltöffnungen, durch die Anzahl der Haarzellen und durch die Gefäßbündeldichte, die alle von den unteren Blättern nach den oberen zunehmen.

II. Aeußere Bedingungen üben auf den anatomischen Bau des Weizenblattes einen Einfluß in der Hinsicht aus, daß bei steigender Bodenfeuchtigkeit und größerem Nährstoffvorrat des Bodens eine Vergrößerung der Zellen eintritt. Damit ist ausgedrückt, daß die Spaltöffnungen und Mesophyllzellen größer werden, ihre Anzahl auf der Flächeneinheit jedoch abnimmt; ebenso verhält sich die Anzahl der Epidermiszellen und die der Haarzellen.

III. Zwischen der Anzahl der Spaltöffnungen pro qmm und dem Wasserverbrauch des Weizens besteht keine Beziehung. Letzterer ist — abgesehen von der Gesamtoberfläche — hauptsächlich abhängig von der Entwicklungsgeschwindigkeit der betreffenden Sorte und der zeitlichen Lage ihres Hauptbedarfes an Wasser.

IV. Die hier untersuchten Sommerweizensorten, zu Triticum sativum vulgare gehörig, unterscheiden sich in Bezug auf den anatomischen Bau ihrer Blätter hauptsächlich durch die Zellgröße, die in ziemlich weitgehender Beziehung zur Vegetationsdauer steht. Es kommt im allgemeinen den relativ xerophytischen Rassen eine geringere Zellgröße zu, während die relativ hydrophytischen hochgezüchteten Rassen Westdeutschlands größere Zellen besitzen.

V. Den von v. Tschermak angeführten Merkmalen der relativ xerophytischen Rassen kann also die verhältnismäßig geringe Zellgröße hinzugefügt werden, den Merkmalen des relativ hydrophytischen Typus die verhältnismäßig große Zelldimension.

VI. Die Dicke des Blattes und die Behaarung können als Merkmal für diese Zwecke nicht verwendet werden. Dagegen kann als Merkmal für den relativ xerophytischen Typus der schnellere Entwicklungsverlauf gelten.

VII. Die großzelligen, in Bezug auf Wasser anspruchsvollen Sorten besitzen eine geringere Anzahl von Spaltöffnungen auf der Flächeneinheit als die kleinzelligen bedürfnislosen Landsorten. Es ist auch hier wieder ersichtlich, daß aus der Anzahl der Spaltöffnungen pro qmm nicht geschlossen werden darf auf den Gesamtwasserverbrauch einer Sorte.

Am Schluß der Arbeit erlaube ich mir, meinen verbindlichsten Dank auszusprechen Herrn Kaiserlichen Geheimen Regierungsrat Prof. Dr. F. Wohltmann für die Anregung zu dieser Arbeit und Herrn Professor Dr. P. Holdefleiß für die Unterstützung mit Ratschlägen bei der Ausführung der Arbeit.

# Literaturverzeichnis.


1. Amelung, E.: Ueber mittlere Zellgrößen. Flora 1893.
2. Arbeiten der Deutsch. Landwirtschafts-Gesellschaft, H. 63,1901.
3. „ „ „ „ „ , H.223,1912.
4. „ „ „ „ „ , H.225,1912.
5. „ „ „ „ „ , H.256,1913.
6. Burgerstein, A.: Die Transpiration der Pflanzen. Eine physiologische Monographie. Jena 1904.
7. Doitsch, K.: Die Abhängigkeit der Frostempfindlichkeit der Pflanzen vom osmotischen Druck. Kiew 1914.
8. Godlewski: citiert bei Jost. S. 146.
9. Haberlandt, G.: Physiologische Pflanzenanatomie. Leipzig 1909.
10. Hedwig: citiert bei Weiß.
11. Holzner und Lermer: Beiträge zur Kenntnis der Gerste. München 1888.
12. Jakushkin, O. W. und Wawilow, N.: Eine anatomische Untersuchung einiger Haferrassen mit Rücksicht auf die Frage über die Beziehungen zwischen dem anatomischen Bau und den physiologischen Eigenschaften der Pflanzen. Journ. f. experimentelle Landwirtschaft 1907 (deutsches Referat).
13. Jost, L.: Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. Jena 1904.
14. Kieser: citiert bei Weiß.
15. Kolkunoff, W: Zur Frage der Züchtung Trockenheit liebender Pflanzen. Abdruck aus den Mitteilungen des Polytechnikums zu Kiew 1905.

16. Kolkunoff, W.: Ueber die Abhängigkeit der Größe der Assimilation von der Größe der Spaltöffnungen bei den Gramineen. Journ. f. experim. Landw. 1907 (deutsches Referat).

17. Kolkunoff, W.: Anatomisch-physiologische Untersuchungen über die xerophilen Eigenschaften der Rübe. Kiew 1907.

18. Kolkunoff, W.: Vom Verhältnis des anatomischen Baues und der Stickstoffprozente in den Blättern von Mais. Wirtschaft 1913 Nr. 71.

19. Kolkunoff, W.: Zur Frage über die Wechselbeziehungen zwischen den anatomischen Coeffizienten und den physiologischen Eigenschaften der Pflanzen. Journal für experimentelle Landwirtschaft 1913 (deutsches Referat).

20. Krocker: citiert bei Weiß.

21. v. d. Malsburg, K.: Die Zellengröße als Form- und Leistungsfaktor der landwirtschaftlichen Nutztiere. Arbeiten der deutschen Gesellschaft für Züchtungskunde. Heft 10. 1911.

22. Mokry, nach Schindler[29] S. 154—155.

23. Morren: Bulletin de l'acad. royale de Belgique. 1864.

24. Nobbe: citiert bei Jost S. 100.

25. Pfitzer, E.: Beiträge zur Kenntnis der Hauptgewebe. Jahrb. für wissenschaftliche Botanik. Bd. 7, 1869—70.

26. Remy: Der Gefäßversuch als Hilfsmittel der Sortenprüfung. Jahrbuch der D. L. G. 1906.

27. v. Rümker: citiert bei Schmidt S. 305.

28. Sachs, J.: Ueber einige Beziehungen der spezifischen Größe der Pflanzen zu ihrer Organisation. Physiologische Notizen VI, Flora 1893.

29. Schindler, Fr.: Der Weizen in seinen Beziehungen zum Klima. Berlin 1893.

30. Derselbe: Der Getreidebau. Berlin 1909.

31. Schliephacke, K.: Neue Beobachtungen auf dem Gebiete der Pflanzenzüchtung. Dtsche Ldw. Presse 1911.

32. Schmidt, O.: Ueber den Entwicklungsverlauf des Getreides. Landwirtschaftliche Jahrbücher 1913.

33. Schneider, G.: Ueber den Entwicklungsrhytmus bei Fruchtständen von Getreide. Beiträge zur Pflanzenzucht. H. 2. 1912.

34. Derselbe: Vegetationsversuche mit 88 Hafersorten. Landwirtschaftliche Jahrbücher. Bd. 42. 1912.

35. Schuster: citiert bei Haberlandt S. 350.

36. Schwendener: S.: Die Spaltöffnungen der Gramineen und Cyperaceen. Sitzungsber. d. Kgl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1889. Bd. I.

37. v. Seelhorst: Die Bedeutung des Wassers im Leben der Kulturpflanze. Journ. f. Landwirtschaft 1911.

38. Sierp, H.: Ueber die Beziehung zwischen Individuengröße, Organgröße und Zellengröße, mit besonderer Berücksichtigung des erblichen Zwergwuchses. Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik. B. 53, 1912.

39. Sorauer, P.: der Einfluß der Wasserzufuhr auf die Gerstenpflanze. Bot. Zeitung 1873.

40. Derselbe: Der Einfluß der Luftfeuchtigkeit. Bot. Ztg. 1878.

41. Derselbe: Studien über die Verdunstung. Wollnys Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik. 1880.

42. Derselbe: Nachtrag zu den Studien über Verdunstung. Wollnys Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik. 1883.

43. Derselbe: citiert bei A. Pfitzer.

44. v. Stebutt, A.: Der Stand der Pflanzenzüchtung in Rußland. Zeitschrift für Pflanzenzüchtung Bd. I, 1913.

45. Strasburger, E.: Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Spaltöffnungen. Jahrb. für wissenschaftl. Botanik Bd. 5, 1866—1867.

46. v. Tschermak: Fruwirth, Die Züchtung der landwirtschaftl. Kulturpflanzen. Berlin 1910. Bd. IV, S. 138.

47. Tschirch, A.: Angewandte Pflanzenanatomie, T. I, Wien u. Leipzig 1899.

48. Unger: citiert bei Weiß.

49. Vageler: Untersuchungen über den anatomischen Bau des Sommerroggenhalmes auf Niederungsmoor und seine Aenderung unter dem Einfluß der Düngung. Journ. f. Landw. 1906.
50. Weber, C. A.: Ueber spezifische Assimilationsenergie, Bot. Arb. d. Instit. Würzburg, Bd. II, citiert bei Haberlandt S.225.
51. Weiß, A.: Untersuchungen über die Zahlen- und Größenverhältnisse der Spaltöffnungen. Jahrb. f. wissenschaftl. Botanik 1864, Bd. IV.
52. v. Zalenski, W.: Ueber die Ausbildung der Nervation bei verschiedenen Pflanzen. Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft 1902.

# Lebenslauf.

Am 3. April 1885 wurde ich, Franz Albert Willi Heuser, in Radewege, Kreis Westhavelland, als Sohn des Landwirts und Ziegeleibesitzers Albert Heuser und seiner Ehefrau Emma, geb. Sternsdorff, geboren. Ich bin evangelischer Konfession und preußischer Staatsangehöriger.

Ich besuchte zunächst die Dorfschule, dann bis zur Versetzung nach Obersekunda das von Saldernsche Realgymnasium in Brandenburg a. d. Havel. Ein Jahr lang war ich sodann kaufmännisch tätig und besuchte ein Semester die Ackerbauschule in Wittstock a. d. Dosse. Die praktische Landwirtschaft erlernte ich auf der Domäne Fahrland bei Potsdam, außerdem war ich ungefähr 2 Jahre in der Wirtschaft meines Vaters tätig. Ich studierte an den landwirtschaftlichen Hochschulen Hohenheim und Berlin und an der Universität Halle a. d. Saale. Die Studien mußte ich unterbrechen, um mich für das Zeugnis der Reife vorzubereiten, das ich auf dem Realgymnasium in Frankfurt a. d. Oder nach einjährigem Besuch der Prima erlangte. Während meines Studiums waren meine Lehrer folgende Herren Professoren, Dozenten und Lektoren:

in Hohenheim: Fruwirth, v. Kirchner, Mach, Morgen, Pompecki, Sieglin, v. Strebel,

in Berlin: Aereboe, Auhagen, Bornemann, Börnstein†, Buchner, Gruner, Hesse, Kny, Lehmann, Magnus, Meisenheimer, Orth†, Peltzer, Plate, Werner†, Wittmack,

in Halle: Disselhorst, P. Holdefleiß, Karsten, Krüger, Menzer, Mierau, Pringsheim, Ruhland, Wohltmann.

Im Oktober 1911 bestand ich in Berlin die Landwirtwirtschaftslehrerprüfung, besuchte dann das Seminar für Landwirtschaftslehrer an der landwirtschaftlichen Schule in Hildesheim und war als Beamter der Landwirtschaftskammer der Prov. Brandenburg in Schwiebus (Neumark) als Landwirtschafts- und Wiesenbaulehrer angestellt. Seit November 1914 bin ich Assistent am landwirtschaftlichen Institut der Universität Halle.